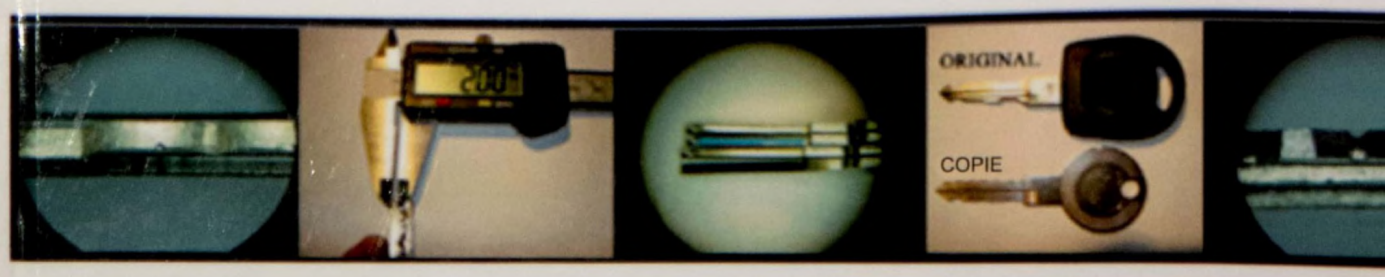
L'IMPRESSION

- Point de vue analytique
- Procédure technique
- Rapport d'analyse forensique



Oliver Diederichsen

- Préface du traducteur -

Grâce à ce livre, vous apprendrez toutes les astuces pour fabriquer parfaitement une clé par la méthode d'impression. Je remercie Oliver qui m'a permis de traduire son ouvrage qui est, pour moi, le meilleur ouvrage traitant de cette technique exceptionnelle.
Quand j'ai vu pour la première fois des ouvreurs passionnés fabriquer une clé directement sur une serrure, cela semblait presque un tour de magie. Mais après la lecture de ce livre, j'ai pu découvrir tous les secrets de cette méthode. En seulement quelques heures, il m'a été possible d'ouvrir avec succès un certain nombre de serrures à goupilles, tant paracentriques que radiales.
J'utilise maintenant cette technique depuis plusieurs années et je ne cesse de l'apprécier tant elle est utile et universelle!
J'espère que vous profiterez de ce livre autant que j'en ai profité car cette technique est la maîtresse des techniques d'ouverture fine de nos jours.

Alexandre Triffault

www.tresoroeffnung.de
email: info@tresoroeffnung.de
Inhaltliche und formale Gestaltung sowie Produktion und Herausgabe:
Oliver Diederichsen
© 2015. alle Rechte vorbehalten. Printed in Germany

- Préface -

L’impression est l’une des méthodes les plus efficaces pour surmonter les systèmes de fermeture.
Au cours de ma longue expérience de cette technique, j’ai été étonné du faible nombre de serrures qui pouvaient y résister.
La réussite de la technique d’impression demande une bonne partie de pratique, autant que de connaissance des différentes serrures pour lesquelles une clé doit être produite.
Au cours de mes recherches sur les différentes techniques d’impression, j’ai constaté à plusieurs reprises que la littérature était incomplète et l’idée d’écrire un livre sur le sujet m’est alors venue.
Ce livre donne une vue d’ensemble des façons de surmonter différents systèmes de fermeture par les techniques d’impression.
L’accent portera sur les serrures à paillettes de voitures, aussi bien que sur les serrures à goupilles.
Dans la section des applications pratiques, les serrures examinées ont été sélectionnées pour leur représentativité dans leur domaine, ainsi que leur aptitude à être impressionnées.
A cet égard, on peut également considérer que cet ouvrage propose des suggestions visant à améliorer les systèmes de fermetures en éliminant ou en réduisant leurs points faibles.
En dépit de l’efficacité de l’impression, cette technique laisse des traces identifiables qui pourront être révélées lors d’une analyse forensique.

Oliver Diederichsen

Sommaire

1. Qu'est-ce que l'Impression? 5

2. Moyens techniques / Procédure..... 6

2.1. Matériel..... 6
2.1.1. Ebauches..... 6
2.1.2. Outils de maintien..... 8
2.1.3. Limes..... 9
2.1.4. Instruments de mesure..... 12
2.1.5. Aides optiques..... 13
2.1.6. Sources de lumière..... 14

2.2. Préparation de l'ébauche..... 14
2.2.1. Préparation de l'ébauche en fonction de la serrure..... 14
2.2.2. Préparation de la surface d'impression..... 14

2.3. Production de marques..... 21
2.3.1. Explication du phénomène d'impression..... 21
2.3.2. « Mouvement dynamique »..... 25
2.3.3. Rapping..... 26
2.3.4. Tapping..... 27

2.4. Interprétation des marques..... 27
2.4.1. Marques réelles..... 27
2.4.2. Marques virtuelles..... 27
2.4.3. Marques cratères..... 28
2.4.4. Marques finales..... 28

2.5. Comment limer..... 31
2.5.1. Limer d'équerre..... 31
2.5.2. Travail à la lime..... 32
2.5.3. Positionnement..... 32
2.5.4. Où limer..... 33
2.5.5. Tolérances..... 34

2.6. Conclusions..... 34
2.6.1. Résumé de la procédure d'impression..... 34

3. Exposé du procédé appliqué à différents types de serrures.....35

3.1. Serrures à goupilles..... 35
3.1.1. Serrure paracentrique à 5 goupilles..... 35
3.1.2. Serrure radiale à 15 goupilles..... 44

3.2. Serrures à garnitures..... 56

3.3. Serrures à gorges..... 57
3.3.1. Serrure à 3 gorges..... 57

3.4. Serrures de voiture..... 62
3.4.1. Serrure de voiture à 10 paillettes.....62
3.4.2. Serrure de voiture « Laser Track » à 8 paillettes..... 71

4. Images par microscopie électronique à balayage..... 81

4.1. Serrure paracentrique à 5 goupilles.....81

4.2. Serrure radiale à 15 goupilles..... 85

4.3. Serrure de voiture à 10 paillettes..... 86

4.4. Serrure de voiture « Laser Track » à 8 paillettes.....88

5. Analyse forensique de cylindres ouverts par la technique d'impression - Laboratoire d'Analyse Forensique GÔTH... 90

6. Annexes : Données techniques..... 108

1. Qu’est-ce que l’Impression ?

L’impression est la fabrication d’une clé déduite des marques de pression faites par les différents éléments actifs d’une serrure sur l’ébauche de clé correspondante (les goupilles dans le cas d’une serrure à goupilles, les paillettes ou les gorges dans le cas d’une serrure à paillettes ou à gorges).

Outillage requis par conséquent :

L’ébauche adéquate, une lime appropriée, un dispositif de maintien de l’ébauche, et les instruments de mesure correspondants.

Description du procédé :

Des marques de pression sont produites par un certain mouvement sur une ébauche préparée. Ces marques sont précisément à l’emplacement où l’ébauche est en contact avec les éléments bloquants (goupilles, paillettes ou gorges).

Ces marques peuvent donner des informations relatives aux points de l’ébauche où il faut retirer de la matière afin de retrouver la combinaison de la clé.

Avec un peu de pratique, l’impression est une méthode sûre à près de 100% pour fabriquer la clé d’une serrure dont la combinaison est inconnue.

2 Moyens techniques / Procédure

2.1 Matériel

2.1.1 Ebauches

La fabrication d'une clé nécessite une ébauche appropriée. Dans le cas de serrures à goupilles, divers matériaux sont disponibles.

Le Plomb
(Pb)

L'Aluminium
(Al)

Le Laiton
(Alliage de Cuivre (Cu) et de Zinc (Zn))

Le Maillechort
(Alliage de Cuivre (Cu), Nickel (Ni) et Zinc (Zn))

L'Acier
(Alliage de Fer (Fe) et de Carbone (C))

Le ZAMAK ou Zinc de moulage sous pression
(Alliage de Zinc (Zn), Aluminium (Al), Cuivre (Cu) et de Magnésium (Mg))

Les ébauches en Plomb sont spéciales et ne sont pas disponibles dans le commerce. L'impression pratiquée avec les ébauches au plomb réussira bien avec les serrures à paillettes et à gorges, ou les serrures à goupilles bon marché.
Pour les serrures de meilleure qualité, comme celles mentionnées dans ce livre, le résultat ne sera que médiocre.

Les ébauches en Aluminium donnent de bonnes marques d'impression mais se fissurent rapidement.

L'expérience a montré que les **ébauches en Laiton** étaient les mieux adaptées du fait de leur bonne aptitude au marquage, et un risque de rupture réduit.

Du fait de la présence de nickel, **les ébauches en Maillechort** sont bien plus dures que celles en laiton ou en aluminium par exemple. Elles risquent moins la rupture. Beaucoup de clés originales faites en usine sont faites en maillechort.
Pour l'impression, les ébauches en maillechort sont un peu moins appropriées que celles en laiton, car les marques sont plus difficiles à reconnaître.

Les ébauches en Acier ne se fissureront pas comme les ébauches faites en d'autres matériaux mais donneront des marques très peu visibles. C'est pourquoi elles sont plutôt recommandées à l'opérateur expérimenté.

Le Zinc de moulage sous pression, aussi appelé **ZAMAK,** se doit d'être mentionné pour que cette étude soit complète. Il est généralement utilisé pour les clés simple et double-face bon marché. Ces clés et ébauches sont de qualité très médiocre, les défauts de moulage sont à l'origine de ruptures fréquentes.

NOTE :
Les ébauches du commerce sont disponibles en de nombreux matériaux qui ont chacun leurs particularités propres.
L'opérateur aura tout intérêt à s'entraîner avec tous.

2.1.2. Outils de maintien

Les marques d'impression étant produites par un mouvement spécial de l'ébauche dans la serrure, un outillage de maintien s'impose.
Partant, différents outils sont disponibles dans le commerce.

La pince-étau

La poignée d'impression à fixation rapide

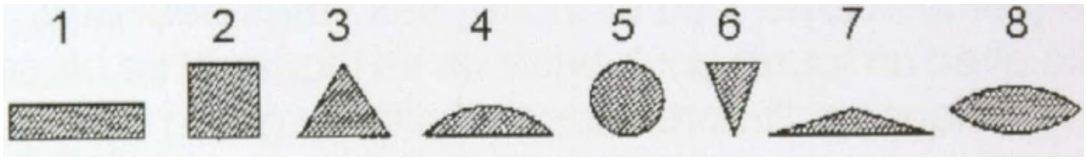
La poignée d'impression à fixation par clé Allen

La poignée d'impression à fixation par le trou de la clé

La poignée d'impression à fixation rapide a le gros avantage de permettre le changement rapide d'une ébauche cassée ou ratée.
Dans le cas de poignées avec vis de serrage, une clé Allen est toujours nécessaire, ce qui n'est pas confortable.

2.1.3. Limes

Bien choisir sa lime, c'est la moitié du succès.



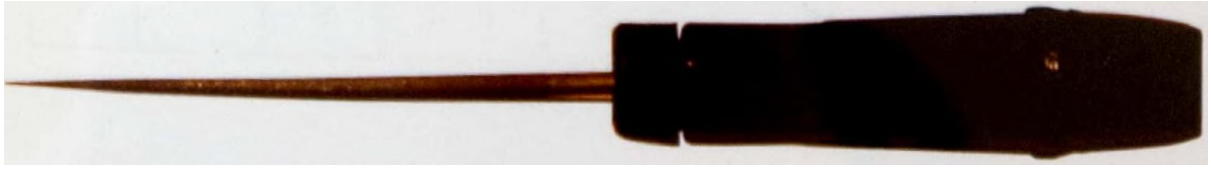
1 = Lime plate
2 = Lime carrée
3 = Lime triangulaire ou tiers point
4 = Lime demi-ronde
5 = Lime ronde ou queue de rat
6 = Lime couteau
7 = Lime barrette
8 = Lime ovale

Concrètement, trois différentes limes sont utilisées :

La lime plate (1)

La lime demi-ronde (4)

La queue de rat (5)



La lime plate est utilisée pour préparer l'ébauche, casser les arêtes trop saillantes, et retirer de la matière superflue à l'ébauche.
La lime demi-ronde et la lime ronde sont utilisées pour limer les marques d'impression. Dans ce cas, la lime demi-ronde convient mieux.
Une bonne prise en main est importante. Il existe différentes poignées de maintien : des manches en bois, et des manches synthétiques.
Les manches en forme de boule sont pratiques à transporter et à tenir en main.
La soie (l'emplacement du manche) des limes peut être arrondie avec un touret pour éviter de se piquer et se blesser. Pour la pratique de l'impression, la taille (le grain) de la lime est déterminante.
La taille de la lime est repérée par un nombre fonction du nombre de dents par centimètre carré (NdTr ou par centimètre : les dénominations diffèrent d'un fournisseur à l'autre). Les limes les plus douces sont les plus appropriées car il faut obtenir une surface unie et non réfléchissante.

Tableau de correspondance des tailles :

Comparaison générale des German-cut et des Swiss-cut :

Swiss-cut	00	0	1	2	3	4	5	6
Nombre de dents / cm	20	25	31	38	46	56	68	84
German-cut	0	I	2	3	4	5	-	-

Classification des tailles spéciales pour les limes de précision, de 100mm (4”) à 200mm (8”) de longueur.

Swiss-cut	00	0	1	2	3	4	5	6
Nombre de dents / cm	**16**	**20**	**25**	**31**	**38**	**46**	**56**	**68**
100mm (4”) German-cut	1	-	2	3	-	4	5	6
125mm (5”) German-cut	1	2	-	3	-	4	5	6
150mm (6”) German-cut	1	2	3	-	4	5	6	8
200mm (8”) German-cut	1	2	3	4	-	5	6	8

Pour les correspondances avec les normes internationales, les limes sont référencées ainsi selon les DIN :

- Cut 0 Lime rude
- Cut 1-2 Lime bâtarde
- Cut 3-4 Lime demi-douce
- Cut 4-5 Lime douce
- Cut 6 Lime très douce

La lime idéale pour l’impression est la taille Suisse 0 ou 2 pour une longueur de 100mm.

A la longue, la lime s’améliore; sa surface se régularise.

2.1.4. Instruments de mesure

Dans le but d'accélérer la procédure d'impression, différents outils de mesure peuvent s'avérer très utiles.

- Micromètre externe (comparateur à cadran)

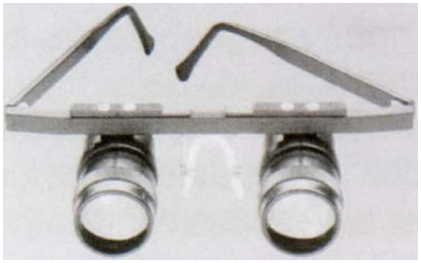
- Pied à coulisse (électronique ou à vernier)

- Un jeu de clés maîtres (depth keys) pour comparer les profondeurs des variures
- Tableaux de distances et profondeurs des variures (cf. 5. Annexes)
- Machine numérique à tailler les clés

2.1.5. Aides optiques

Les aides optiques sont quasiment indispensables à l'interprétation des marques d'impression.
Citons par exemple :

- Des loupes



- Des lampes grossissantes

- Loupes montées en serre-tête

2.1.6. Sources de lumière

Différentes sources de lumière permettent une bonne observation des marques d'impression.
Les éclairages indirects puissants, tels que tubes fluorescents ou lumière du soleil sont les meilleurs.
Cependant les lampes à LEDs, les lampes UV, ou encore des lampes rouges, vertes ou bleues conviennent bien également.
Il faut éviter les faisceaux lumineux pointés directement sur l'ébauche car les réflexions risquent de couvrir les marques d'impression et les rendre indétectables.

2.2. Préparation de l'ébauche

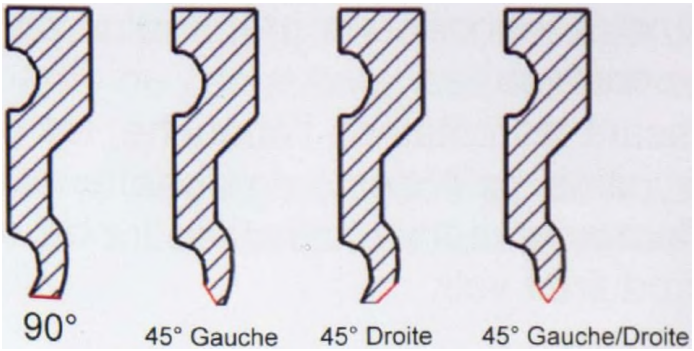
2.2.1. Préparation de l'ébauche en fonction de la serrure

La préparation de l'ébauche dépend du type de serrure.
Si l'on connaît les caractéristiques de la serrure ciblée, on taille toujours l'ébauche à la première profondeur possible (en profondeur 1).

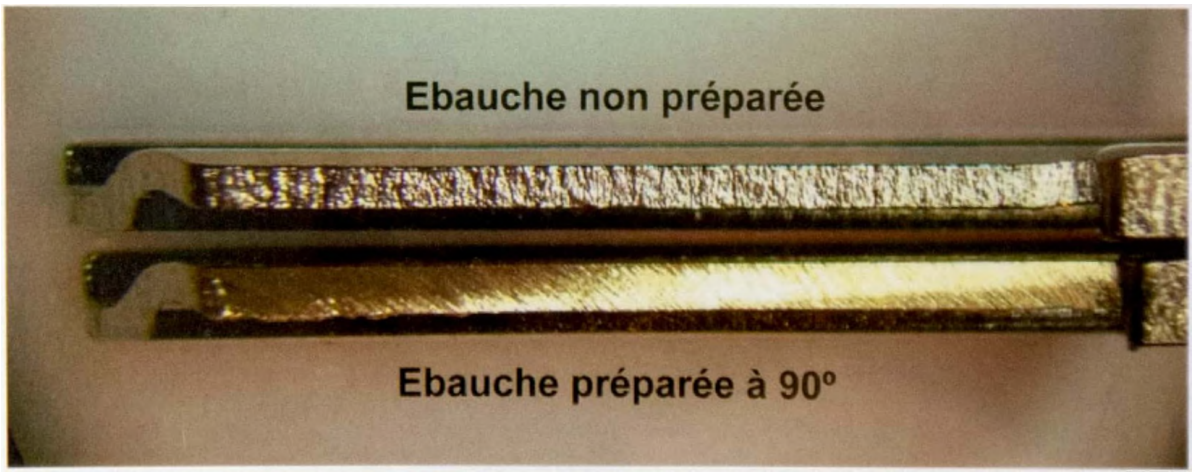
2.2.2. Préparation de la surface d'impression

Il est très important de préparer la zone de contact de l'ébauche où seront limées les marques qui vont apparaître.
Dans le cas d'une serrure à goupilles, la préparation à 90° a fait ses preuves.
Comme illustré ci-après, il y a plusieurs possibilités de préparation.

EBAUCHE VUE EN COUPE



- Au cours de la préparation, la pellicule supérieure de la zone de contact doit être limée (le plus souvent du maillechort ou du chrome).



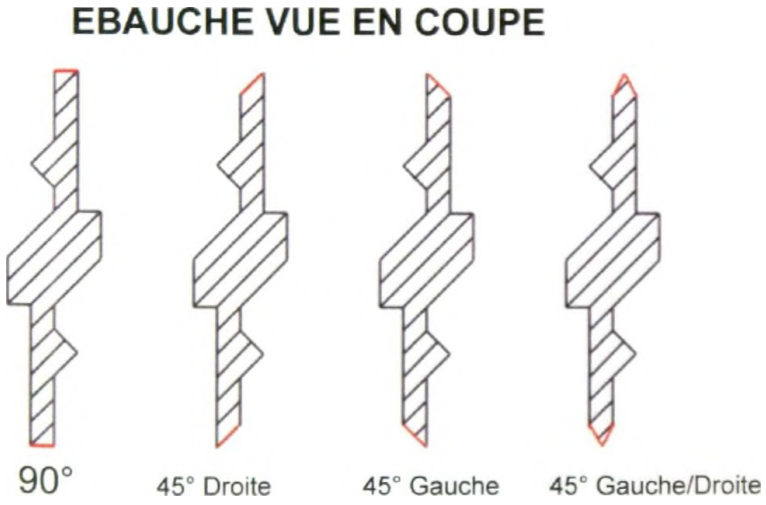
Procédure :

- Dégrossir la surface et la finir à la lime douce

- **!!! L'homogénéité de cette zone de contact est d'une importance primordiale !!!**
  Cette zone ne doit pas être réfléchissante, mais unie et satinée.

- Dans le cas d'une serrure paracentrique à goupilles, le mieux est de limer d'équerre cette zone, car les marques d'impression vont se déplacer au cours de l'avancement du travail (voir 2.5.3).

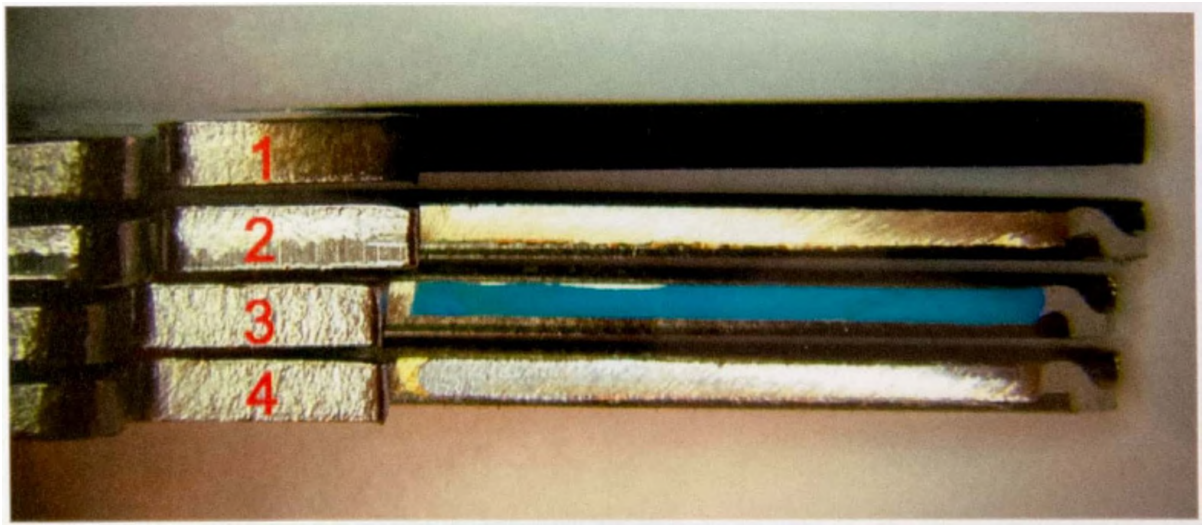
- Dans le cas d'une serrure à paillettes, la préparation d'équerre convient, de même que celle à 45°, d'un côté ou des deux, ou encore une préparation plus aiguë (dite en lame de couteau).
  En amincissant les côtés de l'ébauche, les éléments bloquants (goupilles, paillettes ou gorges) peuvent plus facilement déformer le métal et ainsi rendre les marques plus faciles à produire / voir.



Note :
La préparation en lame de couteau ne doit idéalement être utilisée que lorsque la zone de contact est alignée verticalement avec le centre de l'ébauche ; dans ce cas, les éléments bloquants touchent l'ébauche de manière optimale.
Dans le cas de l'ébauche ci-dessus, la variante « 45° Gauche » semble être la préparation la mieux adaptée.

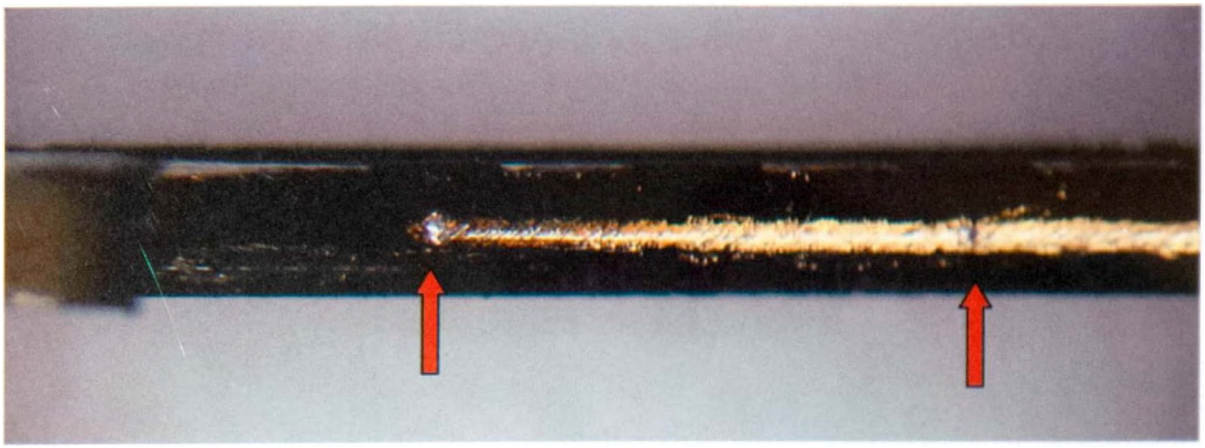
- L’enduction de la zone de contact par divers produits (noir de fumée, encre UV, feutre, peinture, étain, plomb...), peut mettre en évidence les marques d’impression. Mais il faut savoir qu’une partie de ces substances restera dans la serrure.
Avec une bonne maîtrise de la technique, aucun produit n’est nécessaire. De plus, l’utilisation de tels produits allonge le temps de travail.

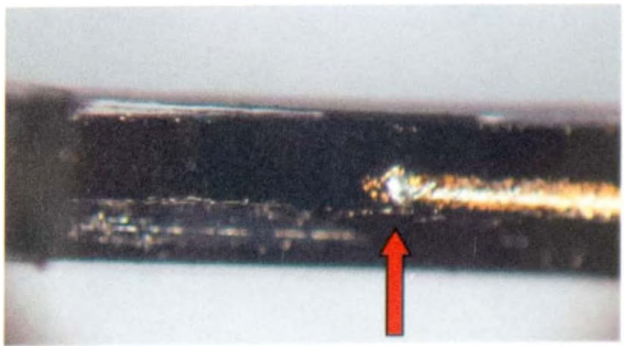
- Sélections de produits possibles :



1. Noir de fumée
2. Encre UV
3. Peinture
4. Plomb ou étain

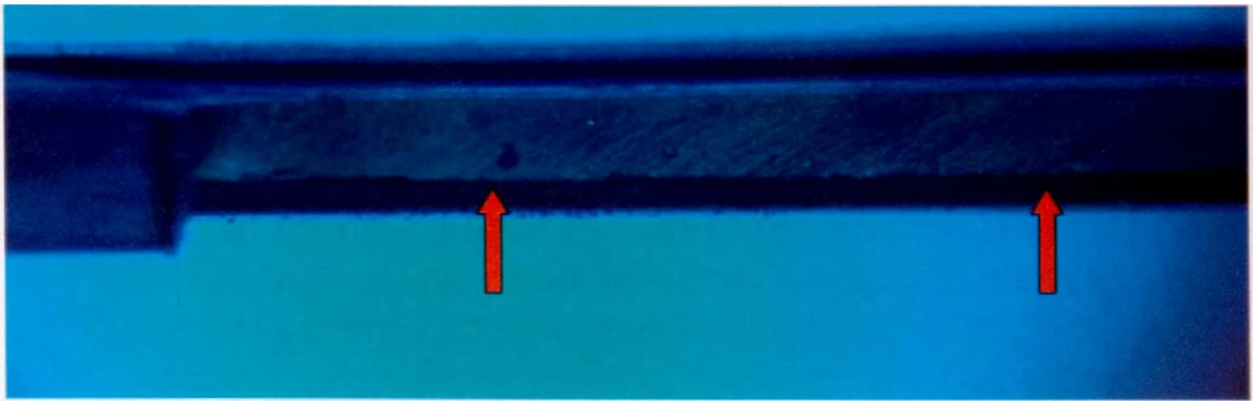
Exemples de marques d'impression avec le noir de fumée :

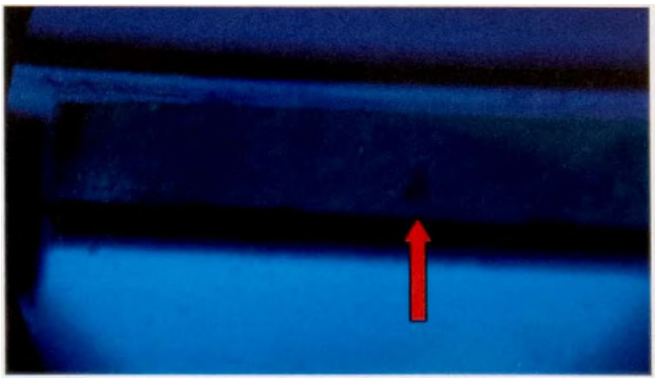




Les marques obtenues avec le noir de fumée ne sont pas très visibles car il s'efface facilement lors de l'insertion de l'ébauche dans la serrure.
(Dans le cas des serrures à paillettes ou à gorges, le noir de fumée ou l'encre d'un feutre peuvent être réellement très utiles, cf. 3.3)

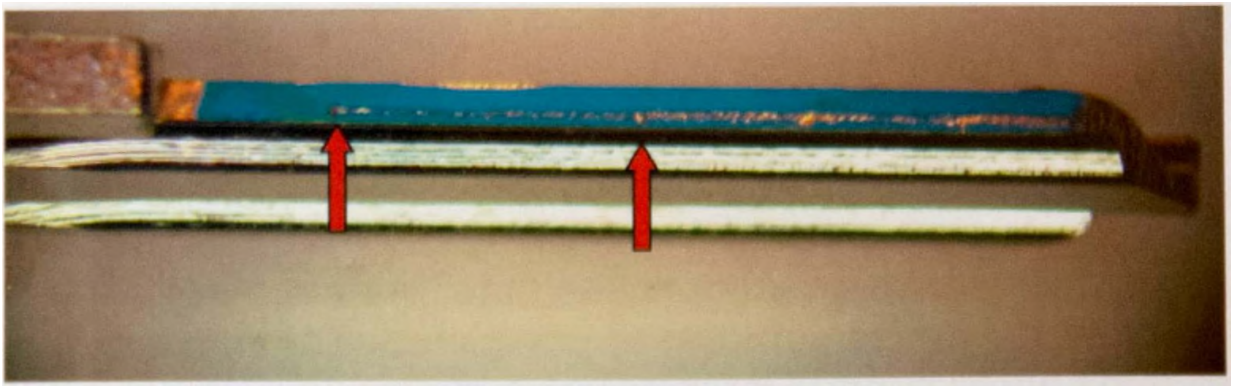
Exemples de marques d’impression avec de l’encre UV :

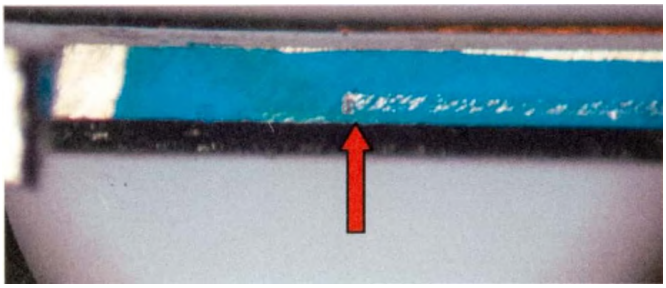




Les marques sont facilement reconnaissables.
Il faut en plus avoir un UV-tag et une lampe de poche UV pour voir l’encre.

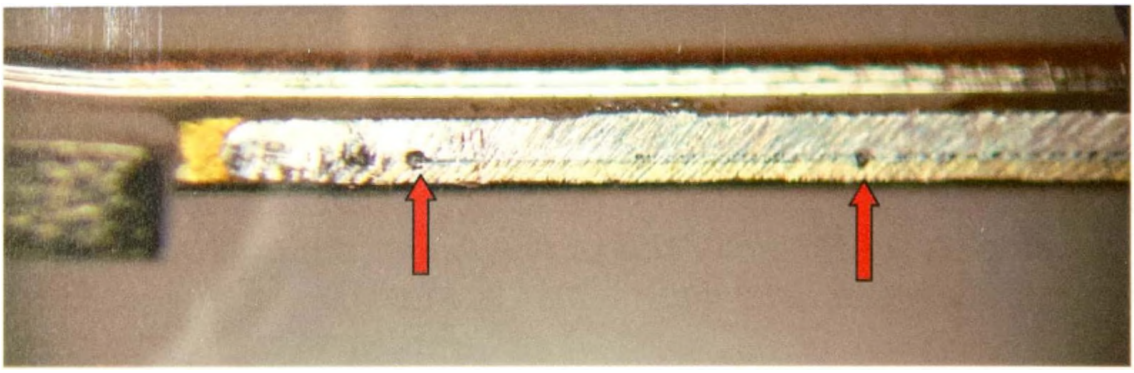
Exemples de marques d’impression avec de la peinture :

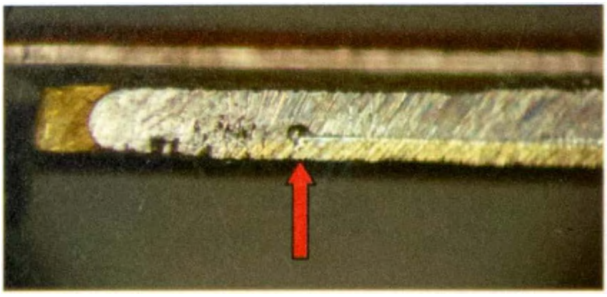




Les marques sont faciles à reconnaître bien que la peinture (comme le noir) tende à disparaître au passage des goupilles, lors de l'insertion de l'ébauche dans la serrure. Par conséquent, c'est une aide relativement peu efficace.
(NdTr : La phrase est un contresens, mais c'est ainsi qu'elle est compréhensible dans la version anglaise du livre. Il faut probablement comprendre que ça peut aider, mais pas trop.)

Exemples de marques d'impression sur étain ou plomb :



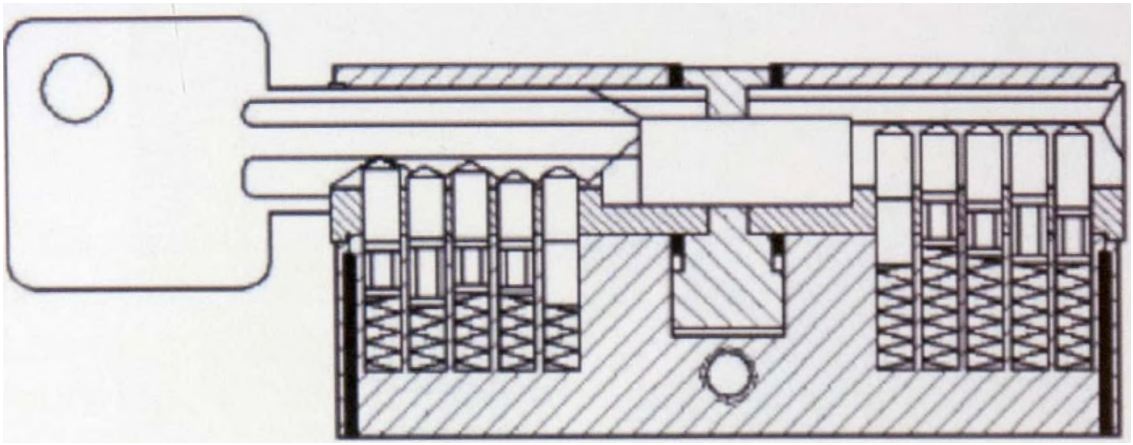


Les marques sont bien prononcées et faciles à repérer ; par contre, le travail est long et pénible car l'étamage doit être refait après chaque intervention à la lime.

2.3 Production de marques

2.3.1 Explication du phénomène d'impression

Serrure à goupilles :

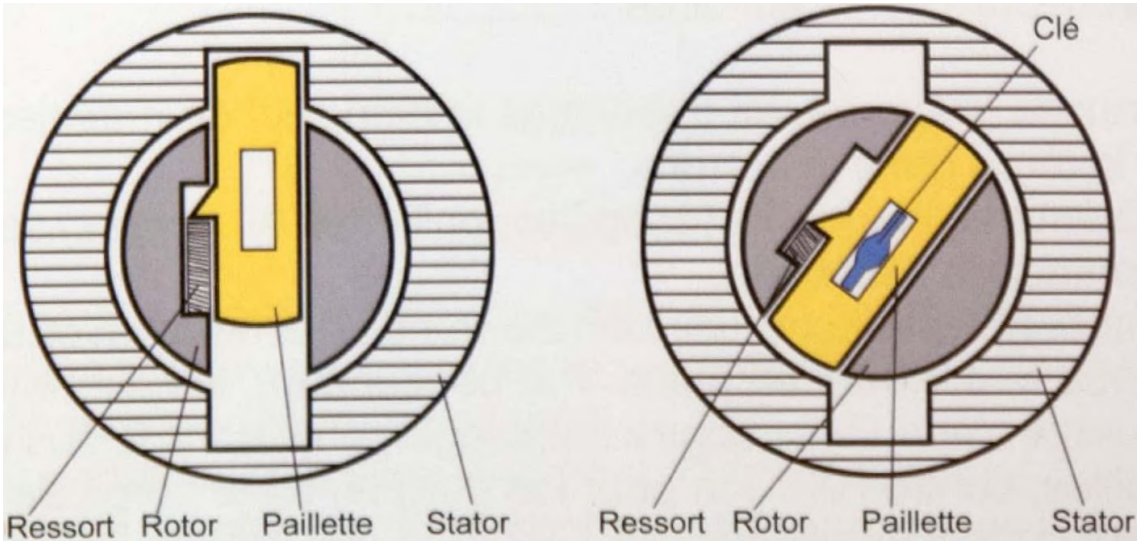


(Vue en coupe d'un cylindre paracentrique à goupilles)

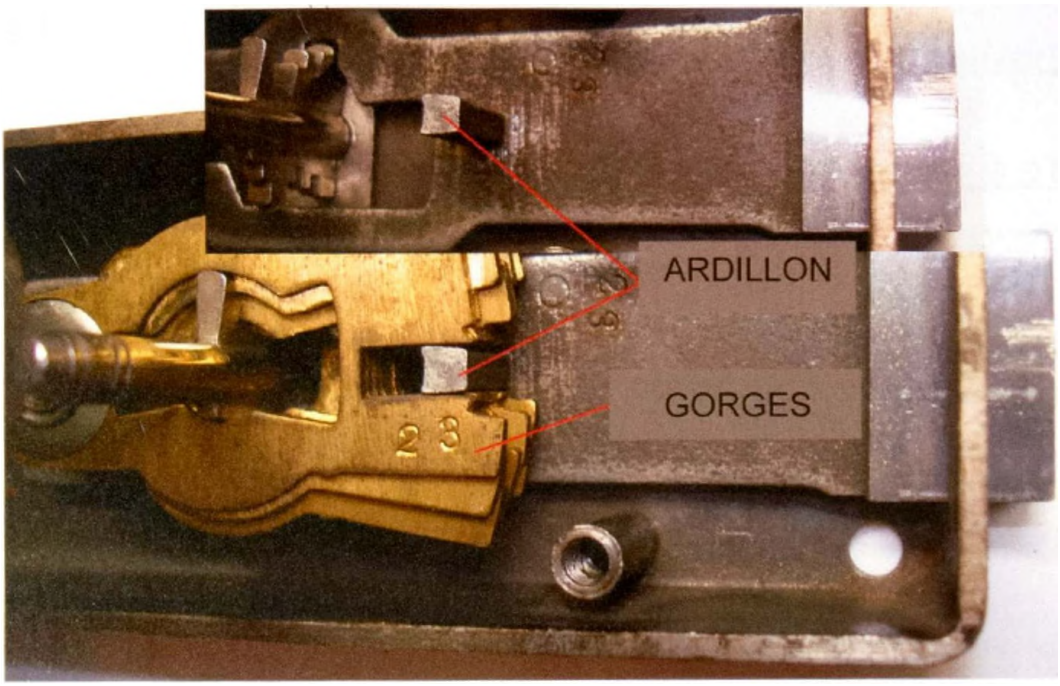
Serrure à paillettes de véhicule :

Vue en coupe d'une serrure à paillettes

Fermée Ouverte



Serrure à gorges :

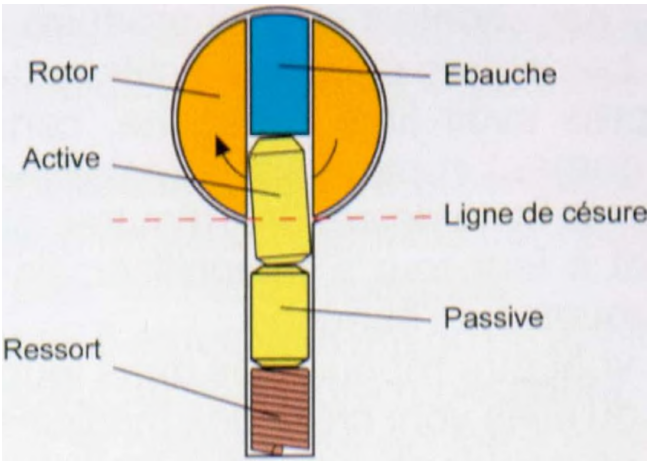


Au cours de la procédure, une marque d'impression est transférée de l'élément bloquant à l'ébauche par un « mouvement dynamique».

La procédure est la suivante :

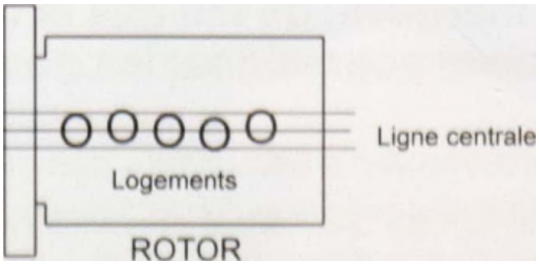
L'ébauche préparée est fixée dans le dispositif de maintien, puis insérée dans la serrure.
Les éléments bloquants (goupilles, paillettes ou gorges) sont au contact de l'ébauche.
Maintenant, l'ébauche est tournée dans le sens d'ouverture et tenue fermement en place. Par conséquent, les éléments bloquants s'appuient : contre leurs logements dans le cas de goupilles, contre l'ardillon pour les gorges, ou le corps de la serrure pour les paillettes.

Exemple d’un cylindre paracentrique à goupilles européen



A ce moment-là, l’ébauche va être bougée (cf. 2.3.2 « Mouvement dynamique »).
Les éléments bloquants étant ainsi immobilisés au contact de leurs logements, le « mouvement dynamique » provoque des marques aux points de contact des goupilles sur l’ébauche, respectivement les paillettes/gorges.

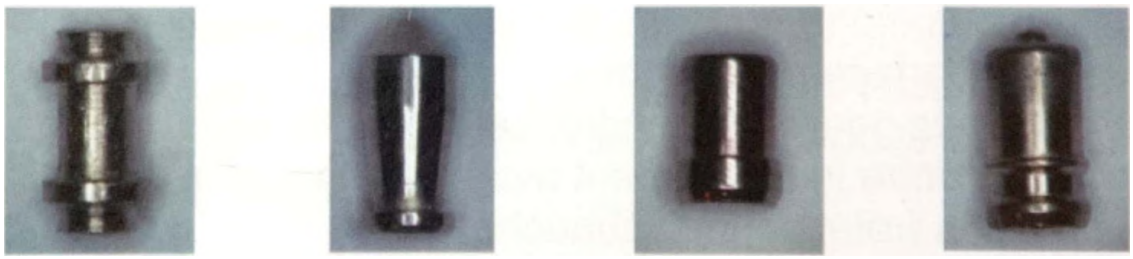
Même pour une serrure fabriquée avec précision, la fabrication introduit des dispersions qui rendent très rares l’obtention en une seule fois de marques à tous les emplacements d'éléments bloquants.
La figure montre immédiatement pourquoi :



Cette vue de dessus d’un rotor de cylindre paracentrique à goupilles nous montre que les logements des goupilles ne sont jamais parfaitement alignés.
Ainsi, certaines goupilles viendront s'immobiliser en s’appuyant contre leur logement avant d’autres sous l’effet de la pression (rotation) de l’ébauche.
(Il en est de même pour les serrures à gorges, cf. 3.3).

Si l’on fait jouer l’ébauche sous tension à l’intérieur de la serrure, seules les goupilles (ou paillettes ou gorges) immobilisées par contact vont produire des marques d’impression. Les autres éléments actifs restent libres.
Ensuite, si après avoir limé l’ébauche, certaines goupilles (paillettes ou gorges) auparavant immobilisées arrivent maintenant sur la ligne de césure, d’autres éléments bloquants vont à leur tour s’immobiliser. Ils produiront eux aussi des marques sur l’ébauche.
Les goupilles vont être repoussées dans leurs logements en même temps qu’elles vont créer des marques sur l’ébauche.
Les marques sont toujours produites par les premiers mouvements de l’ébauche dans la serrure ; en faire davantage ne produirait pas de meilleures marques.
Deux séries de 4 à 6 mouvements dans chaque sens suffisent à l’obtention de bonnes marques.
Ce principe peut, en général, être appliqué à tout système à goupilles, paillettes ou gorges.

La bonne exécution du mouvement est importante.
Les marques peuvent disparaître au cours du processus (par exemple du fait des différentes formes de goupilles, comme les goupilles champignons ou similaires), pour reparaître plus tard.
Il peut arriver qu’aucune marque ne soit visible après la production de marques, du fait que la bonne profondeur n’a pas été atteinte pour aligner les goupilles sur la ligne de césure.
(NdTr : cette dernière phrase n'a pas un sens très clair. Il faut probablement la comprendre comme une précision de celle du dessus ; pour expliquer au lecteur qu'il peut arriver que des marques disparaissent, sans pour autant qu'on soit à la bonne profondeur)



Goupilles actives et passives de différentes formes

2.3.2 « Mouvement dynamique »

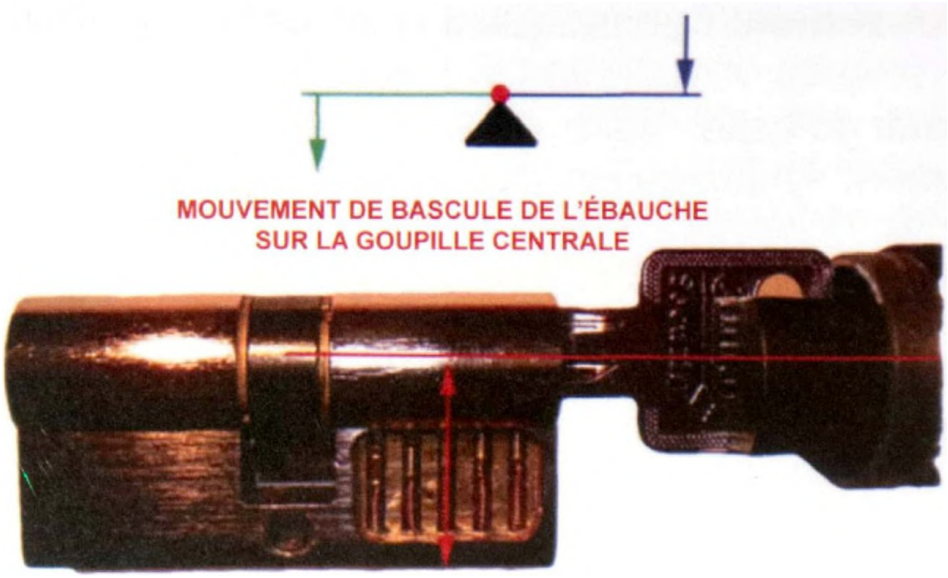
Pour obtenir de belles marques, la bonne exécution du « mouvement dynamique » est d'une importante capitale.

1. **Rotation de l'ébauche jusqu'au blocage.**
   Pour cela, la force maximum permise par l'ébauche, sans se fissurer ou plier, doit être appliquée.
   Quand on débute, il arrive souvent qu'on applique trop de force et que l'ébauche se fissure rapidement.
   Savoir appliquer la bonne dose de force demande de la pratique mais s'apprend vite.

Et dans le même temps

2. **Le mouvement d'ondulation de l'ébauche dans la serrure**
   Pour cela on imagine le point central de la serrure.
   Dans le cas d'un cylindre paracentrique de type européen à 5 goupilles ce sera la goupille n° 3. On va agir dessus en imprimant un mouvement de bascule avec pour point de pivot cette goupille.
   La clé va donc entrer en contact avec le stator alternativement par une extrémité, puis l'autre, et ainsi de suite.
   On appliquera la force la plus importante que peut supporter l'ébauche.

Dans le cas de serrures de voitures ou serrures à goupilles, ce « mouvement dynamique » sera fait **dans les 2 sens,** c'est-à-dire dans le sens d'ouverture et le sens de fermeture de la serrure.



Il est important de toujours faire le **même nombre** de mouvements à chaque séquence d'impression, et dans les 2 sens. Deux séries de 4 à 6 mouvements de chaque côté sont largement suffisantes pour faire de bonnes marques.

2.3.3. Rapping

Une autre solution pour faire les marques est d'utiliser la technique de rapping qui consiste à sortir et rentrer l'ébauche dans la serrure lorsqu'elle est sous tension (éléments bloquants immobilisés).
Bien sûr ce mouvement est de faible amplitude.
Cette méthode doit être utilisée avec beaucoup de précautions sur les serrures à paillettes car dans certains cas, elles risquent de se déformer et la serrure pourrait en être endommagée.
Pour les serrures à goupilles, cette technique réussit mieux quand l'ébauche a déjà été limée plusieurs fois (elle porte donc les encoches qu'a déjà faite la lime). On réduit ainsi le risque de sortir la clé d'un coup sans le vouloir. Une force adaptée est également requise.
Dans le cas d'une ébauche légèrement fissurée ou pliée,
cette technique peut être utile si le «mouvement
dynamique» traditionnel risque de la casser définitivement.

2.3.4. Tapping

Une autre solution pour faire les marques est d'utiliser la technique de tapping qui consiste à maintenir l'ébauche sous tension (avec un tournevis glissé dans le trou de la tête par exemple), et à donner un ou plusieurs petits coups sur la tête de l'ébauche, par en haut et par en dessous, dans le but de créer des marques d'impression sur l'ébauche.

La méthode à utiliser pour obtenir les marques est laissée à l'appréciation de l'opérateur.
Empiriquement, la méthode qui semble fonctionner le mieux est celle du « mouvement dynamique ».

2.4. Interprétation des marques

2.4.1. Marques réelles

Les marques réelles sont les marques flagrantes sur l'ébauche, que l'on peut voir en faisant bouger l'ébauche dans la lumière.
Dans le cas de serrures à goupilles, les marques sont de petits points brillants. Dans le cas de serrures à paillettes, les marques peuvent être une ligne sur la surface de l'ébauche (du fait que la paillette touche la zone de contact de part en part), ou une marque sur le côté de l'ébauche, au droit de l'endroit à limer.

2.4.2. Marques virtuelles

Les marques virtuelles sont de légères marques qui pourraient être confondues avec de véritables marques.
Dans ce cas, appliquez ceci :
En cas d'incertitude, ne jamais limer une marque douteuse.
S'il s'agissait bien d'une marque d'impression, elle réapparaîtra plus tard de façon plus prononcée.

Important :
En cas d'incertitude, la position douteuse doit être dépolie, et une nouvelle production de marques doit être faite.

2.4.3. Marques cratères

Les marques appelées « marques cratères » sont des marques très prononcées. Elles signifient que la bonne profondeur est presque atteinte. Dans ce cas, il faut limer cette marque jusqu'à la faire disparaître. La profondeur atteinte sera alors la bonne.

Les goupilles étant pointues à leur extrémité, lorsque la profondeur limée est proche de la bonne profondeur, la goupille crée cette importante marque en étant poussée par le bord de son logement au moment de la rotation du rotor. La goupille est juste trop grande pour rester dans le rotor en présence de la clé, et le rotor ne peut être tourné qu'avec beaucoup de difficultés. C'est ce qui crée ces marques cratères.
Ces marques cratères sont improprement appelées « marques finales » dans certains livres.
Pour que la clé fonctionne parfaitement, cette marque doit être limée.

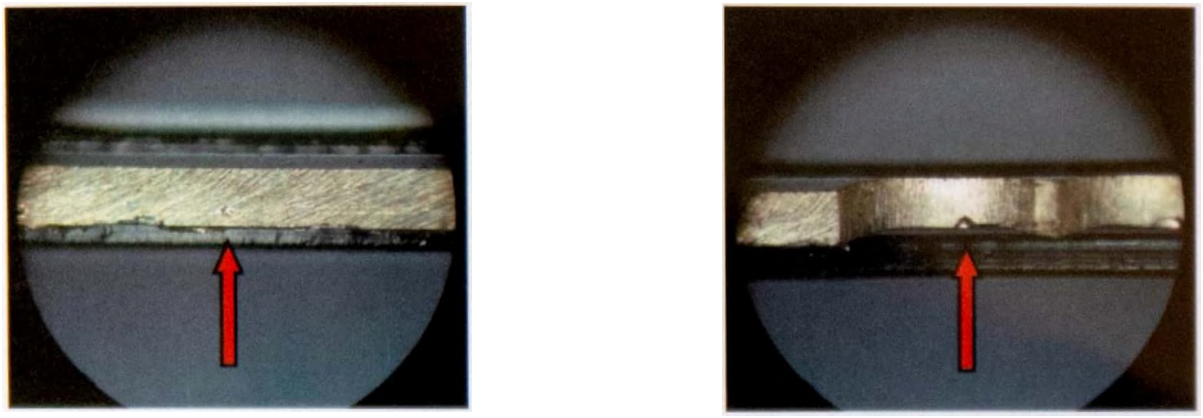
2.4.4. Marques finales

Pour moi, une

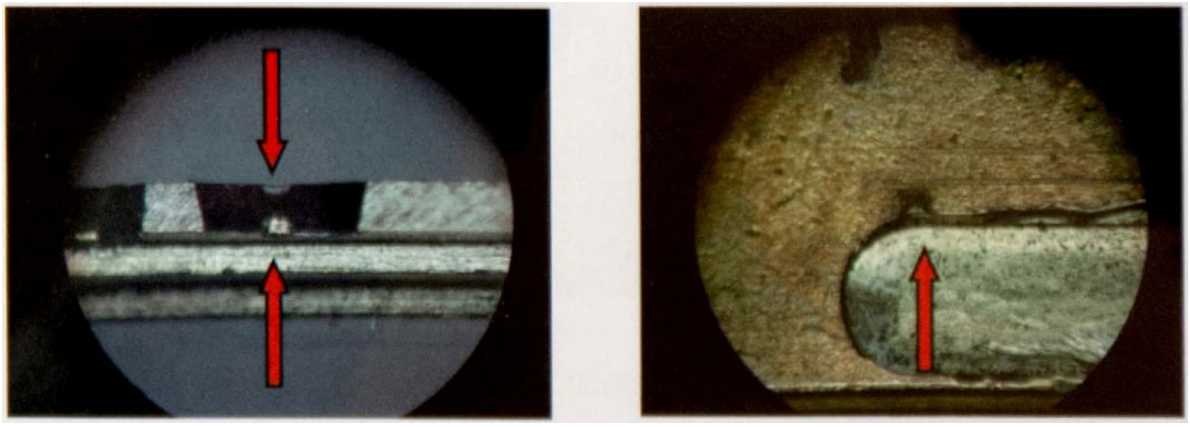
Bonne marque finale = pas de marque

Comme expliqué en section 2.4.3, une marque cratère ne peut être considérée que comme une marque finale. Si cette marque est limée correctement, la goupille ne fera plus de marque sur l'ébauche car la goupille ne sera plus immobilisée lorsque l'ébauche sera sous tension.
Les marques finales sont de longues rayures brillantes apparaissant au fond des enlèvements de matière pratiqués sur la clé. En effet, la goupille est redevenue libre dans son logement et capable de petits déplacements locaux qui vont griffer cette zone.
Ces marques se distinguent facilement des marques réelles à limer.

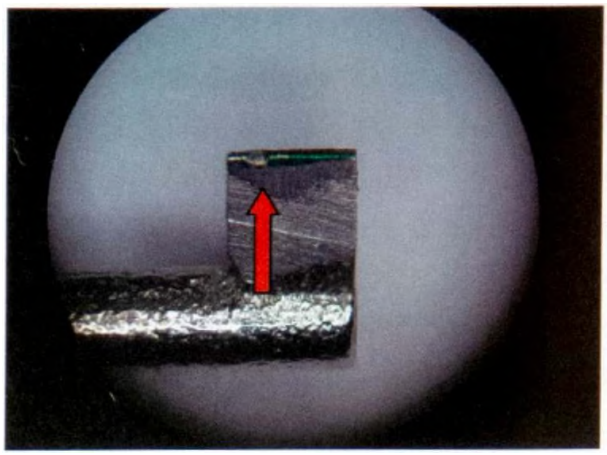
Photos d'exemple :



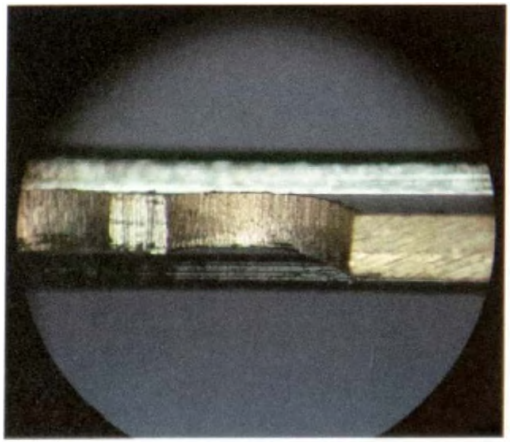
Marques réelles d'une serrure à goupilles



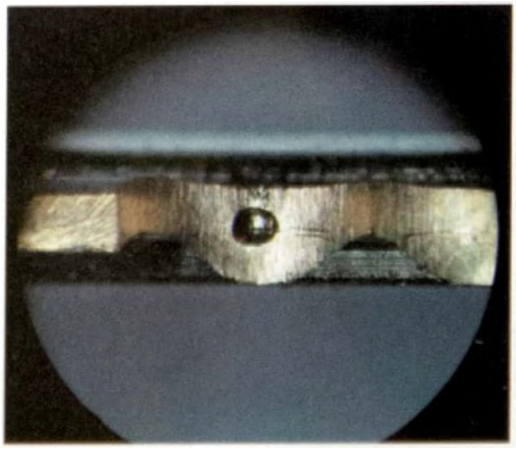
Marques réelles d'une serrure à paillettes traditionnelles et d'une serrure à paillettes de type « Laser Track »



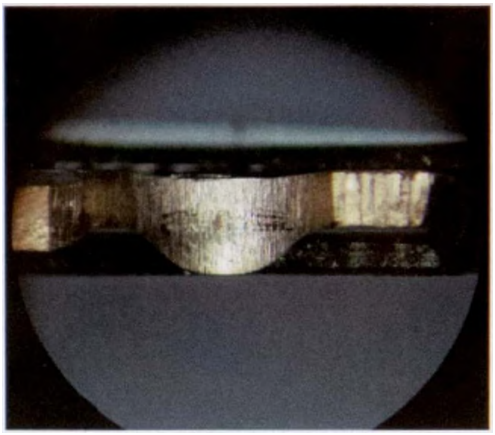
Marque réelle d'une serrure à gorges



Marque virtuelle d'une serrure à goupilles



Marque cratère d'une serrure à goupilles



Marque finale « réelle » d'une serrure à goupilles

Important :

Il peut arriver qu'on n'ait pas vu approcher la marque finale et donc qu'on ait limé trop profond.
Dans ce cas, la goupille va dépasser la ligne de césure dans le rotor.
La goupille passive va alors être coincée par le rotor au cours de l'impression et cela va de nouveau créer une marque d'impression sur l'ébauche.

2.5. Comment limer

2.5.1. Limer d'équerre

Il est nécessaire de toujours utiliser la lime avec un angle de 90° (pas comme la technique de la lame de couteau) sur la zone de contact, là où l'on a vu une marque.
Si l'angle n'est pas de 90°, la clé risque de fonctionner dans un sens mais pas dans l'autre.
Il faudrait alors corriger cela plus tard.

2.5.2. Travail à la lime

Avec les limes, il est important d'acquérir le coup de main dès le début, et de ne plus s'en écarter. On devra toujours donner le même nombre de coups de lime à chaque intervention sur les marques. Il est très utile de savoir quelle quantité de matière est retirée par un nombre donné de coups de lime.
Il est bon de commencer par 6 coups de lime.
Si les paramètres de la serrure sont connus, il suffit de limer la marque d'une profondeur de coupe. (NdTr : cf. 5. Annexes)
Dans le cas d'une impression sans connaissance des différentes profondeurs de coupe pour la serrure cible, il faut opérer avec beaucoup de précautions pour ne pas risquer de limer trop profondément.
Par expérience, de 6 à 10 coups de lime correspond à une profondeur de coupe pour une serrure paracentrique à goupilles à 8 profondeurs de coupe possibles (de 0,4 à 0,5 mm environ).

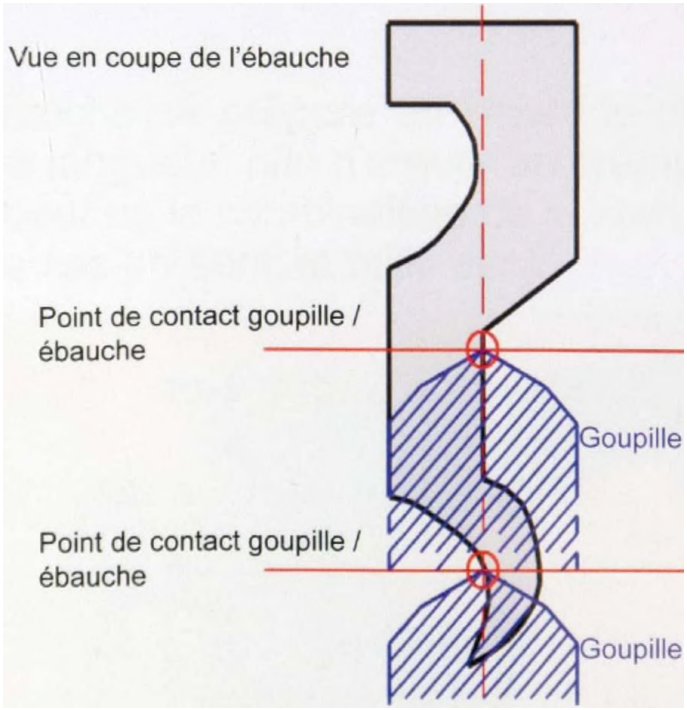
Important :
Il faut faire attention de poser et retirer la lime de la surface de contact avec un angle de 90°, sans basculer (ne pas faire de « bombé »).
De plus, il est préférable de toujours limer en poussant, sans jamais revenir.
En agissant ainsi, on est sûr que la surface de contact est unie et non réfléchissante sur toute la zone de contact avant d'impressionner.

2.5.3. Positionnement

Le fait de tracer (NdTr : au stylo indélébile par exemple) sur le côté de l'ébauche la position de chacune des goupilles est d'une grande aide. Cela permet de déterminer précisément l'endroit où il faut limer.
Lorsqu'une marque n'apparaît pas au centre de la zone limée, il faut déplacer les coups de lime la fois suivante afin d'obtenir les marques bien centrées.
C'est ainsi qu'on peut obtenir un résultat précis.

Important :

Les marques sont toujours centrées par rapport à la largeur de l'ébauche. Mais puisqu'elles se manifestent au contact de la goupille, elles se déplacent nécessairement au cours de l'avancement du travail. Cela dépend du profil de l'ébauche. Nous parlerons de **«marque migratrice».**



(La goupille d'en bas va créer une marque sur le côté gauche du profil, alors que la même goupille, mais plus haut, créera une marque à droite de l'ébauche)

2.5.4. Où limer

IL NE FAUT LIMER QUE LORSQU'UNE MARQUE D'IMPRESSION EST VISIBLE. EN CAS D'INCERTITUDE, IL NE FAUT NI LIMER NI DEPOLIR L'EMPLACEMENT.

(NdTr : cette phrase est contradictoire avec la phrase en gras de 2.4.2, mais il faut probablement comprendre que tant qu'il est possible de s'occuper d'autres emplacements, on s'en occupe et lorsqu'il ne reste plus que cette position qui pose problème, on la dépolit avec la lime pour refaire une impression.)

2.5.5. Tolérances

Il faut bien sûr rechercher la plus grande précision possible. Les tolérances de fabrication autorisent néanmoins de légères dispersions sur les profondeurs de combinaison de chaque serrure. Elles sont d'un ordre de grandeur de +/- 0,2mm.
Plus d'infos en 3.1

2.6. Conclusions

2.6.1. Résumé de la procédure d'impression

Il faut s'attacher à bien conduire chaque étape afin d'éviter toute erreur dès le début.

- Préparation correcte de l'ébauche.
- Détermination des paramètres de la serrure (cf. 5. Annexes).
- Préparation du matériel. Un résultat optimal ne peut être obtenu qu'avec le matériel approprié (limes, instruments de mesure, source de lumière, aides optiques).
- Production des marques :
  En appliquant le principe du « mouvement dynamique » (2.3.2), on est assuré d'obtenir des marques d'impression optimales.
- Travail à la lime (2.5.2) afin d'obtenir une surface favorable à l'obtention des marques.

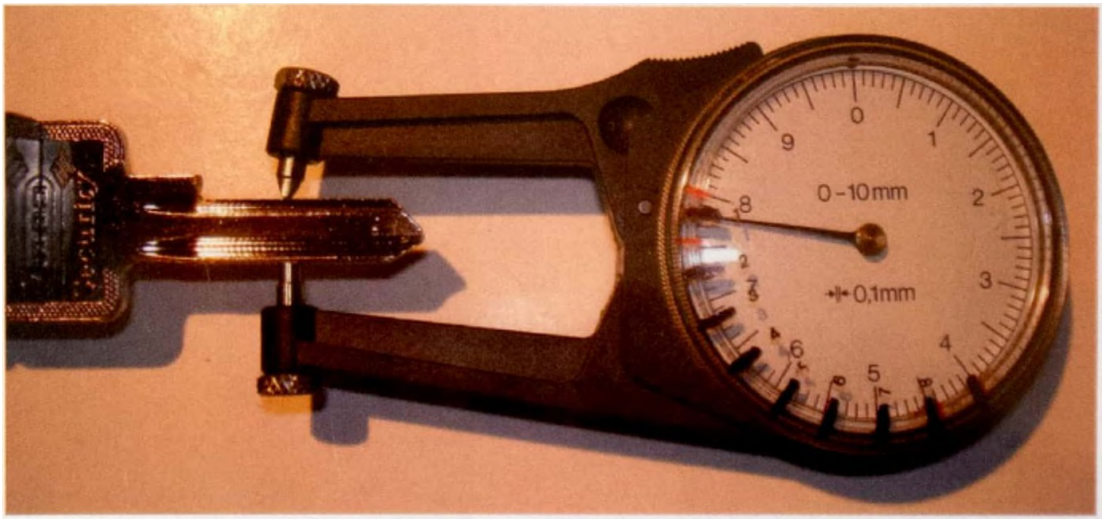
Le respect de ces quelques étapes permet d'obtenir une clé fonctionnelle avec relativement peu d'efforts.

3. Exposé du procédé appliqué à différents types de serrures

3.1. <u>Serrures à goupilles</u>

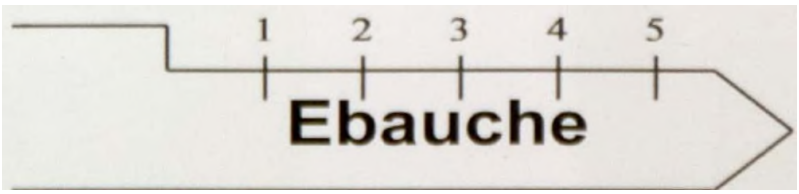
3.1.1. Serrure paracentrique à 5 goupilles

1. L'ébauche se prépare en limant le chant de celle-ci sur toute sa longueur, afin d'arriver au premier niveau de profondeur de la combinaison de la serrure.
Dans le cas présent, la taille est 1.

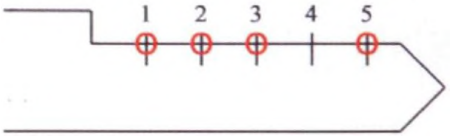


Il est essentiel que la préparation de la zone de contact de l'ébauche soit unie.
Ensuite, on commence le premier marquage de l'ébauche. (2.3.2)

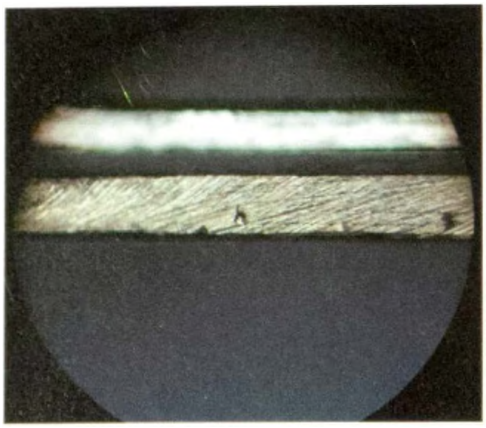
Le repérage de la position des goupilles se fera selon la convention suivante :



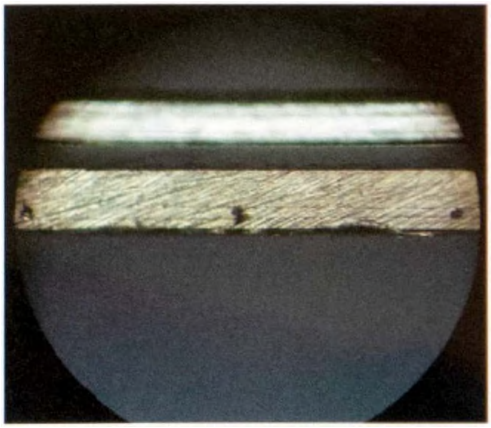
Après la première production de marques, on obtient ceci :



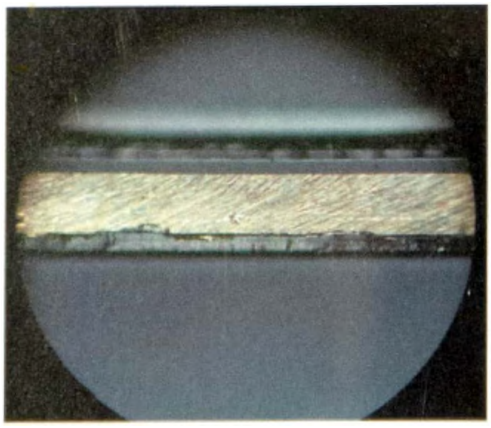
Position 1 :



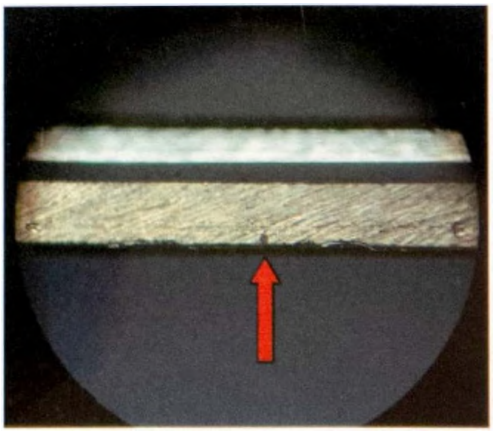
Position 2 :



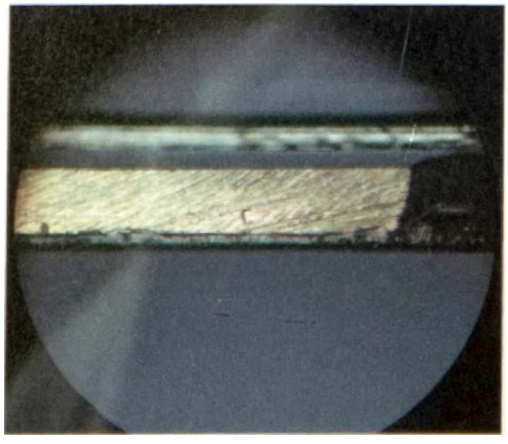
Position 3 :



Position 4 :

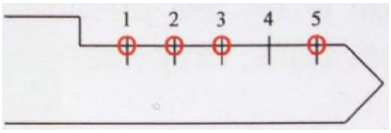


Position 5 :

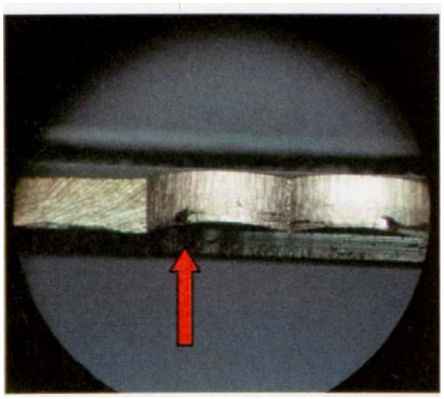


Pas de marque mais une bavure

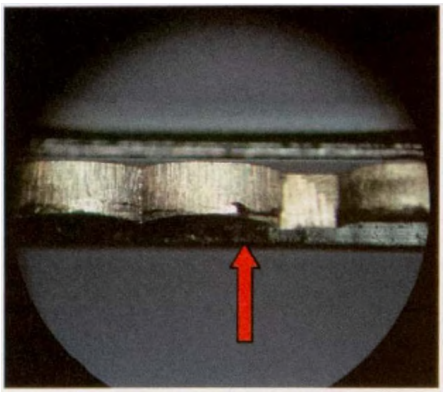
2. Les positions 1, 2, 3 et 5 doivent alors être limées d'une profondeur, dans ce cas, on passe de 1 à 2.
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



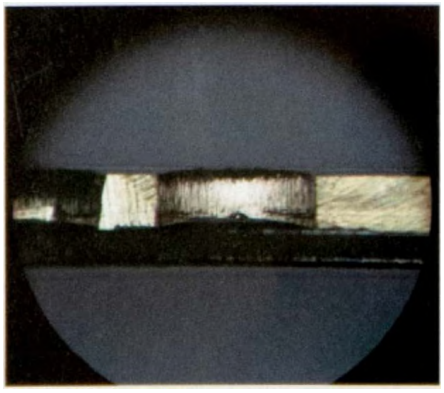
Position 1 :



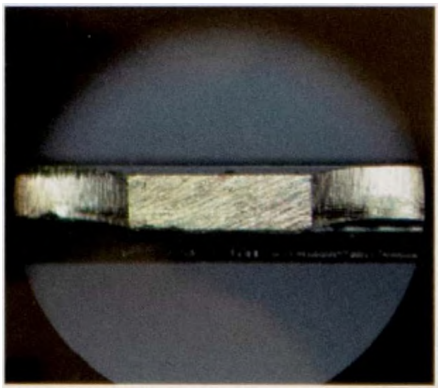
Position 2 :



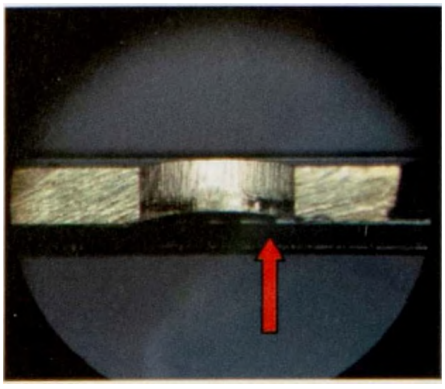
Position 3 :



Position 4 :



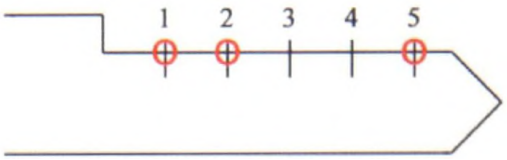
Position 5 :



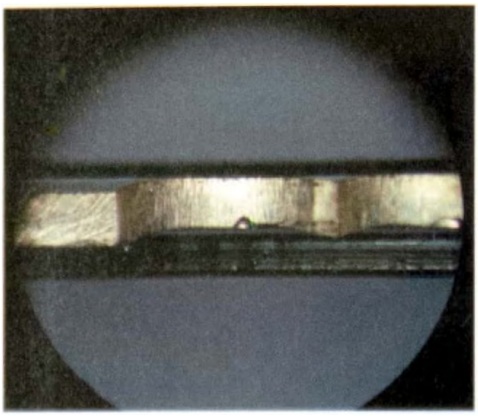
Comme on le voit, les marques 1, 2 et 5 ne sont pas bien centrées.
Il faudra corriger cela.

3. Maintenant on doit limer les positions 1, 2, 3 et 5 d'une profondeur supplémentaire, on passe alors de 2 à 3.

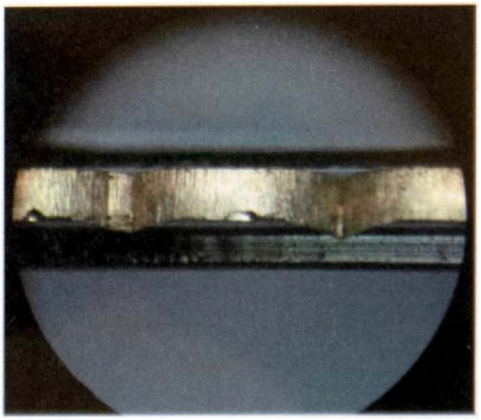
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



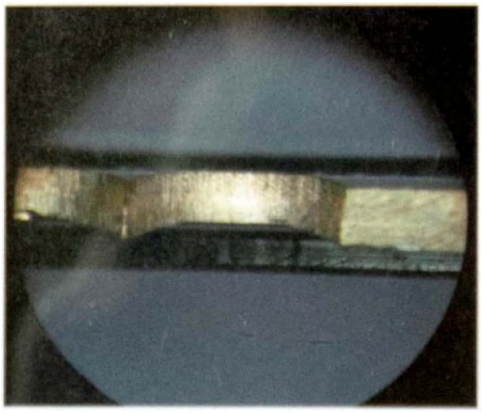
Position 1 :



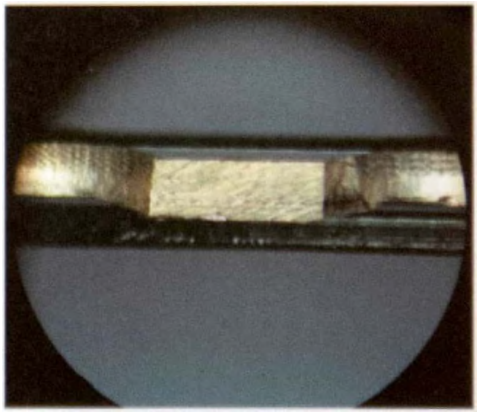
Position 2 :



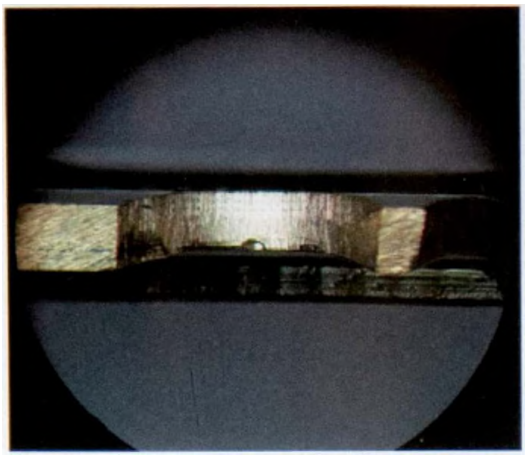
Position 3 :



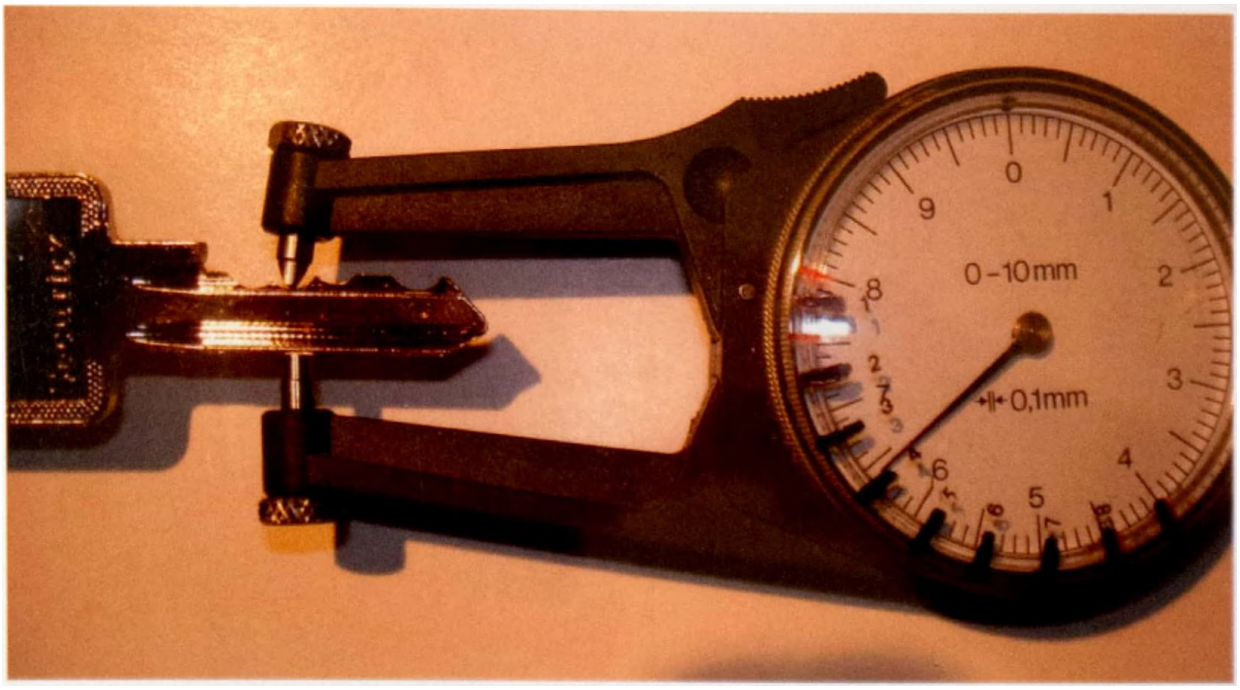
Position 4 :



Position 5 :

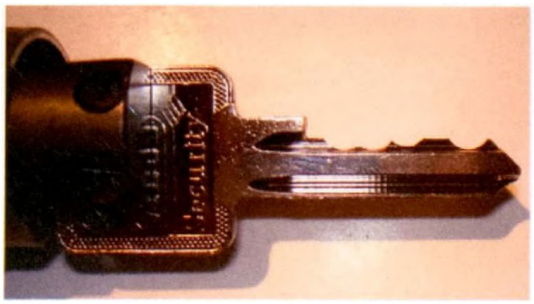


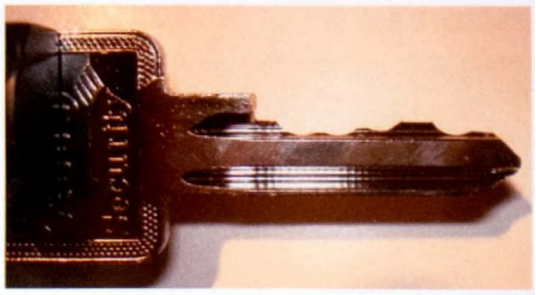
4. Maintenant, il faut limer les positions 1, 2 et 5 d'une profondeur supplémentaire, c'est-à-dire de 3 à 4.



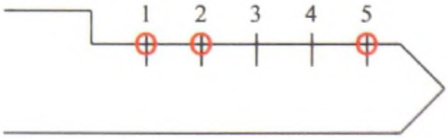
Puisqu'on utilise une lime demi-ronde, des pics commencent à séparer les creux importants. Ces pics doivent être limés avec le côté plat de la lime avant qu'il ne soit trop tard. Sinon, la clé risque de ne plus pouvoir entrer dans la serrure.

!!! Dans le pire des cas, la clé risquerait d'être coincée dans la serrure sans possibilités de l'en ressortir !!!

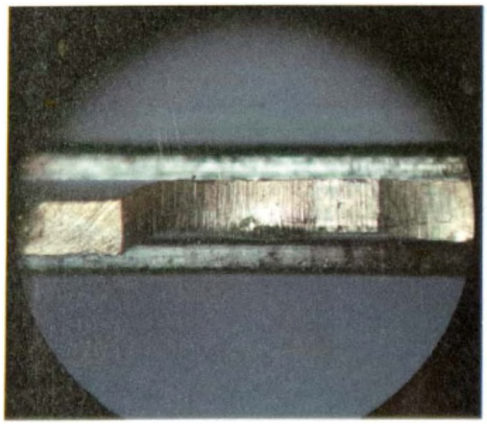




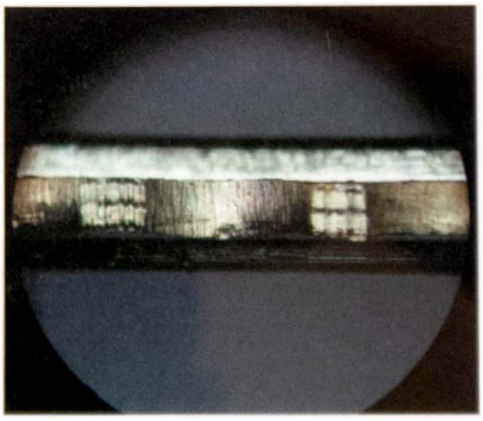
Après ça, on repasse une fois encore à la production de marques et on obtient alors ceci :



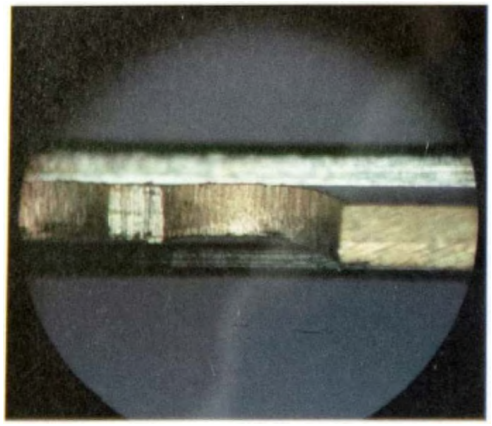
Position 1 :



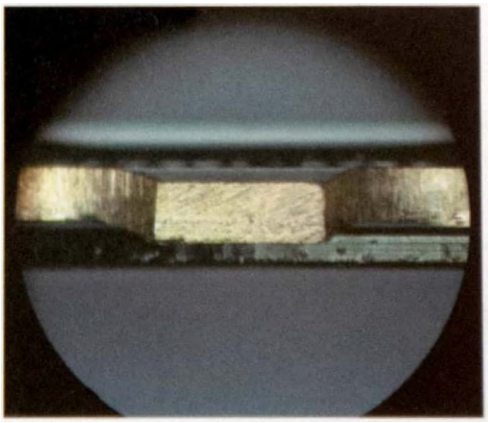
Position 2 :



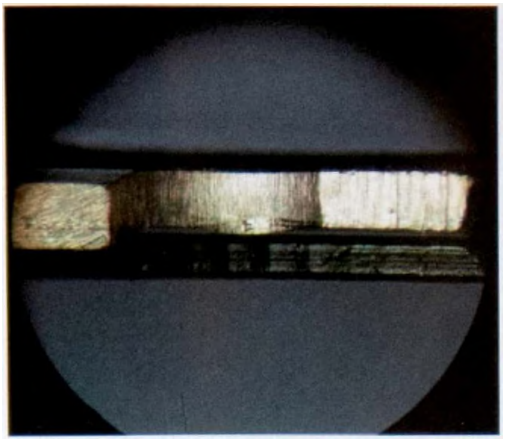
Position 3 :



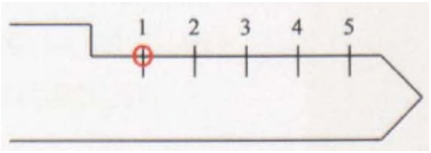
Position 4 :



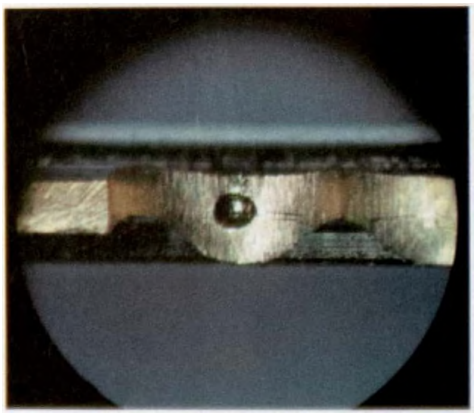
Position 5 :



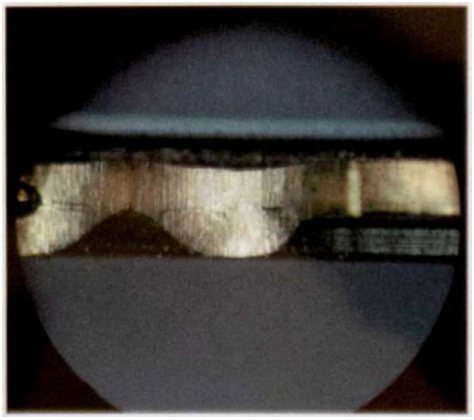
5. Aux positions 1, 2 et 5, il faut encore limer d'une profondeur supplémentaire, passant ainsi de 4 à 5.
LE ROTOR PEUT MAINTENANT TOURNER mais avec difficultés.
D'ailleurs, on obtient ceci :



Position 1 :

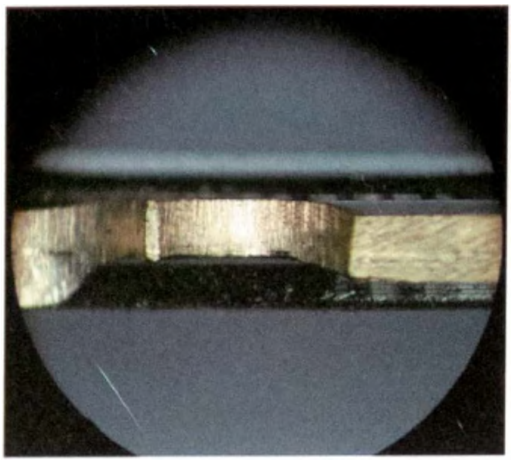


Position 2 :

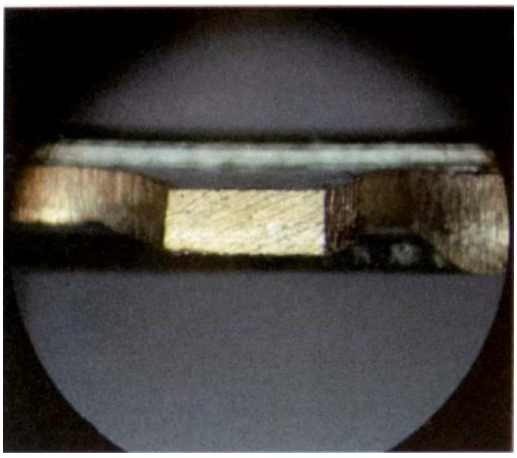


La position n°1 montre une marque cratère typique, souvent appelée à tort « marque finale ». En comparaison, on voit aux positions 2 et 5 de vraies marques finales sous forme de lignes polies, ressemblant à des demi-lunes. Cette rayure apparaît tout le long du creux limé.

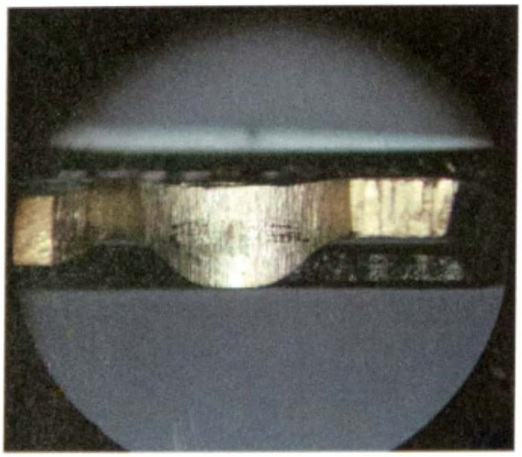
Position 3 :



Position 4 :

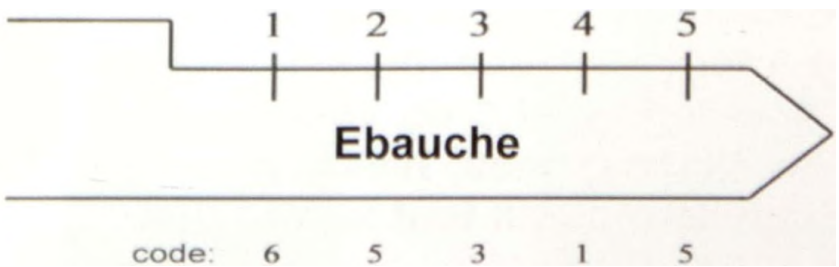


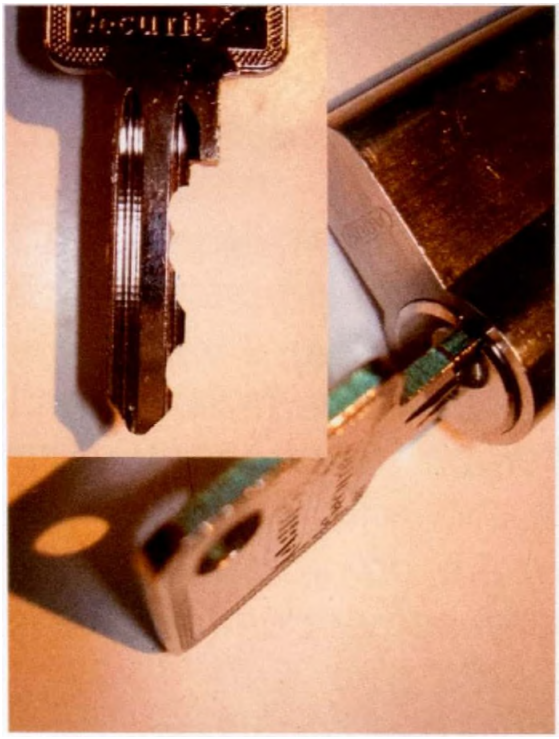
Position 5 :

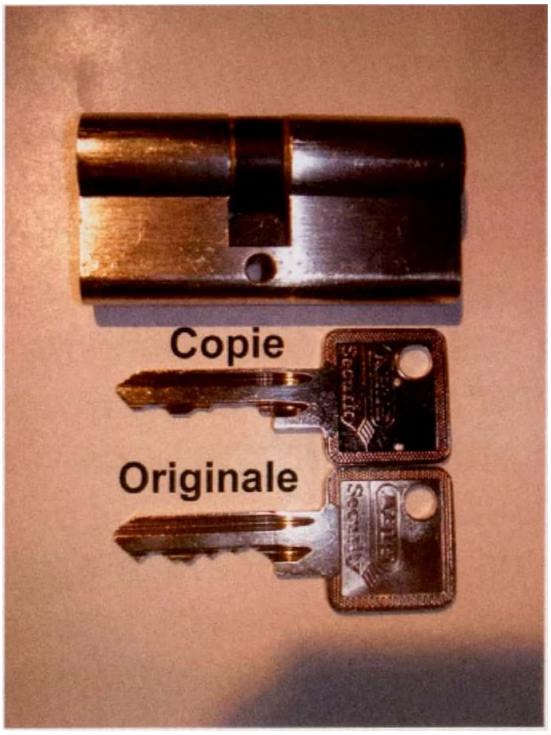


6. Il faut maintenant limer la marque cratère en position 1 jusqu'à la faire disparaître.
Si on essaie la clé, elle fonctionne aussi bien que la clé originale.

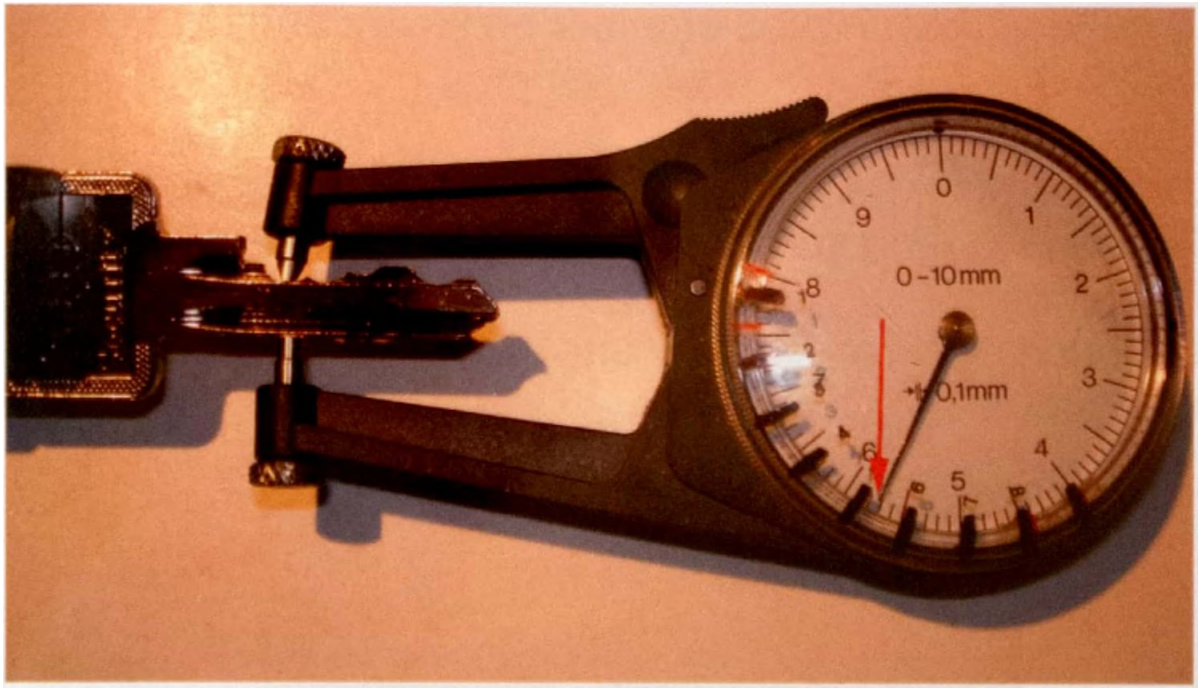
Si maintenant on mesure les profondeurs de coupe de la clé, le code sera le suivant :







En 1, on voit à quel point les différences par rapport à l'original peuvent être importantes. Dans ce cas, c'est plus d'une de- mie- profondeur. Elles sont dues aux latitudes permises par les tolérances de fabrication.



3.1.2. Serrure radiale à 15 goupilles

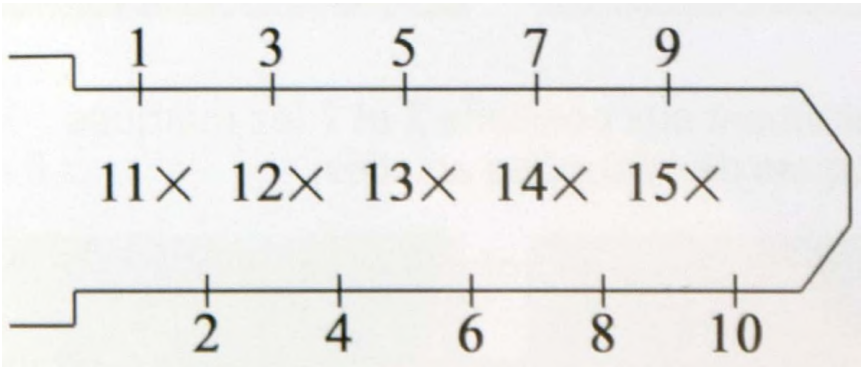
Maintenant, pour deuxième exemple, nous allons impressionner une serrure radiale à 15 goupilles.
Dans le principe, cette serrure sera traitée de la même manière qu'une serrure paracentrique.
Du fait de la conception de la clé (clé toute plate), il y a généralement plus de goupilles que dans une serrure paracentrique, mais par contre le nombre de profondeurs possibles est moindre.
Dans le cas présent, il n'y a que 3 niveaux de profondeur utilisés sur le plat de cette clé. (Rigoureusement parlant, il y a 4 niveaux, mais le premier correspond à zéro. Cela signifie qu'il ne faudra pas limer et conserver l'épaisseur de l'ébauche)
Sur la tranche de la clé, il y a 5 goupilles, mais avec seulement 2 profondeurs possibles.
(La profondeur zéro existe bel et bien, mais comme dit plus tôt, on ne doit pas la prendre en considération.)
Les goupilles aplaties (NdTr : 3° photo en bas de la page 24 : spécifiques à cette marque de serrure et correspondant aux doubles trous de la clé) ne sont pas un problème car on les traitera comme les autres.

1. La préparation de l'ébauche consiste en un léger surfaçage à la lime sur les quatre côtés, afin de rendre ces surfaces unies.
Une ébauche ainsi préparée prend mieux les marques qu'une ébauche brute.

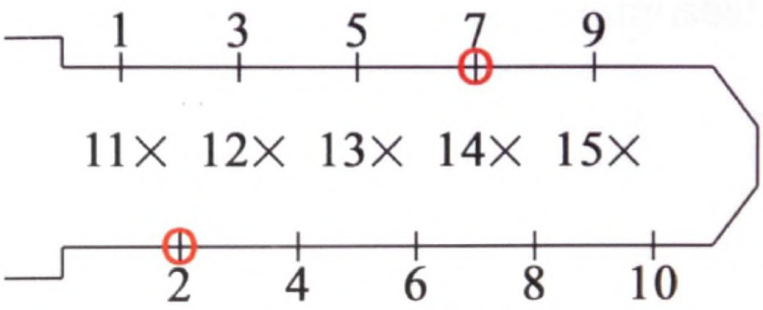
Note :

Dans le cas présent, l'ébauche est en maillechort, plus dur que le laiton.
Une ébauche en laiton serait préférable, mais n'est pas disponible dans le commerce. (NdTr : En France, une telle ébauche existe en laiton nickelé)
La procédure demande de la précision tout au long de son exécution. Elle est réservée aux utilisateurs expérimentés.
Une autre difficulté sera de repérer les goupilles aplaties.

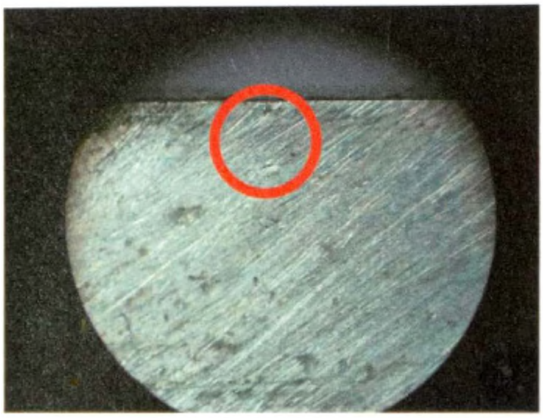
Dans cet exemple, on utilisera la répartition suivante (en considérant la clé vue par le chant du haut) :



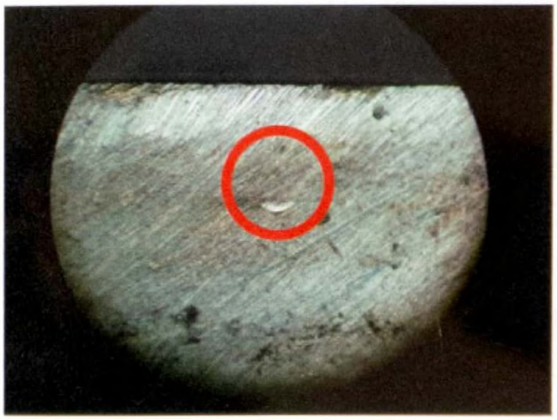
Après la première production de marques, on obtient ceci :



Position 2 :

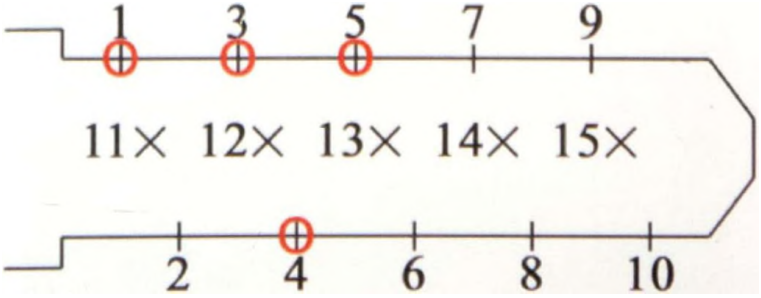


Position 7 :



On voit clairement aux positions 2 et 7 les marques caractéristiques des goupilles aplaties.

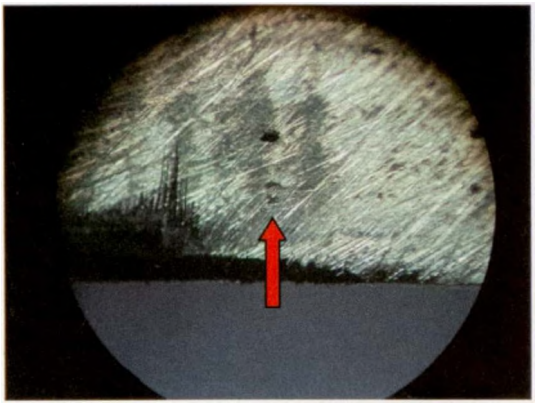
2. Il faut donc limer d'une profondeur les positions 2 et 7. De 0 à 1 donc.
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



Note :

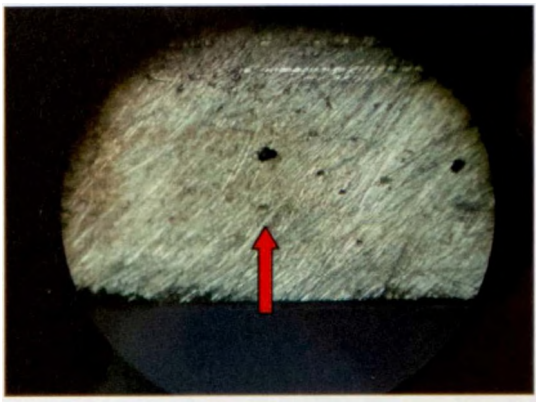
Pour mieux les retrouver, certaines marques sont repérées par un petit point noir au stylo indélébile juste à côté.

Position 1 :



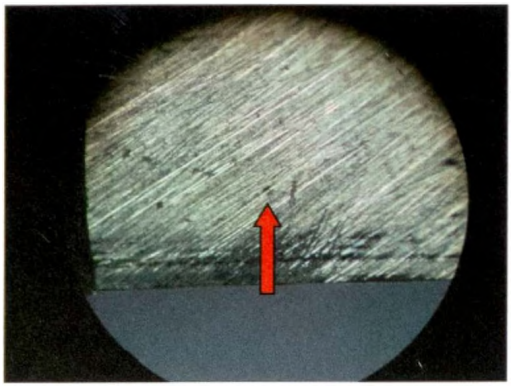
Détail :

Position 3 :

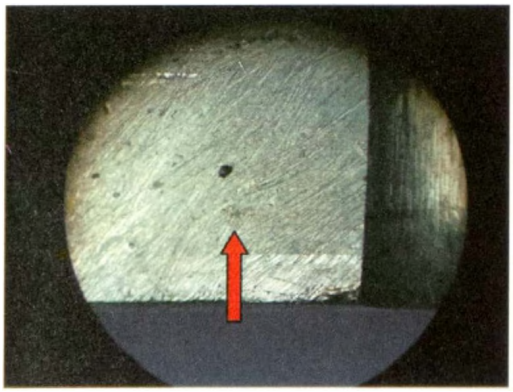


Détail :

Position 4 :

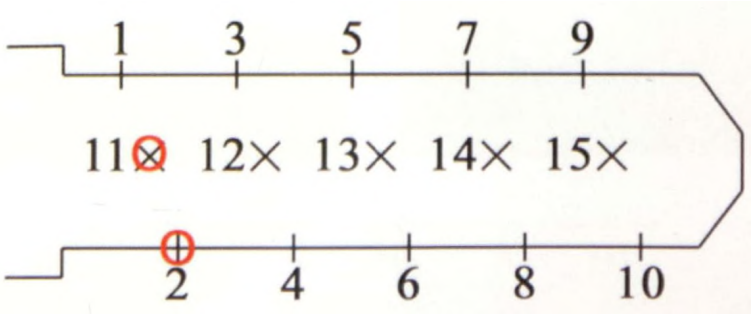


Position 5 :

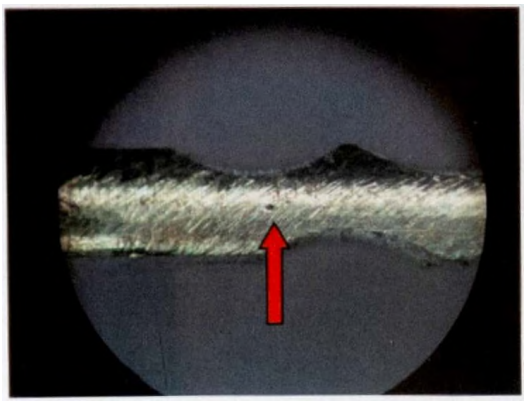


Détail :

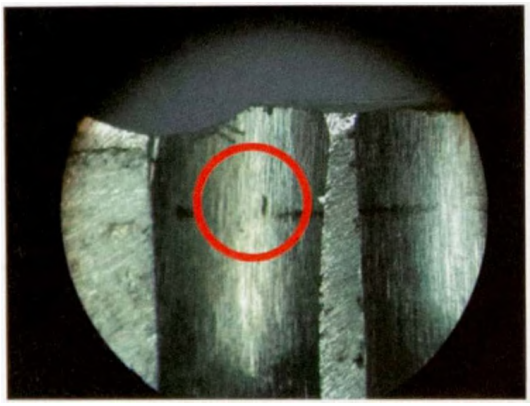
3. Il faut donc limer d'une profondeur les positions 1, 3, 4 et 5. De 0 à 1 donc.
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



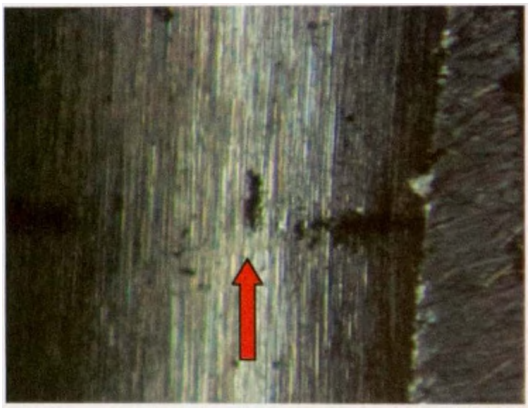
Position 11 :



Position 2 :

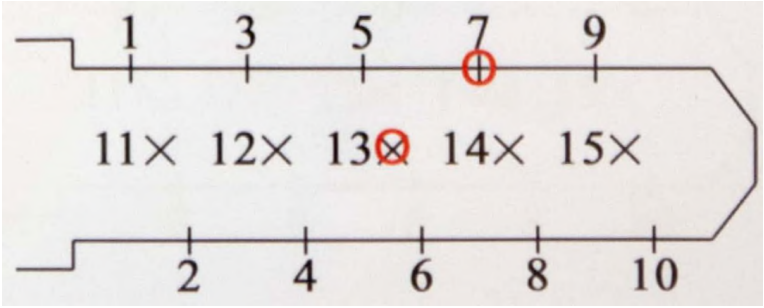


Détail :

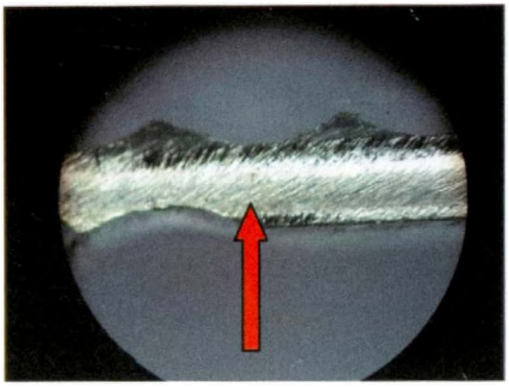


ATTENTION :
Les goupilles aplaties ne créent souvent qu'une petite ligne en guise de marque d'impression.

4. Il faut donc limer d'une profondeur les positions 11 et 2. De 0 à 1 pour la 11 et de 1 à 2 pour la 2.
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



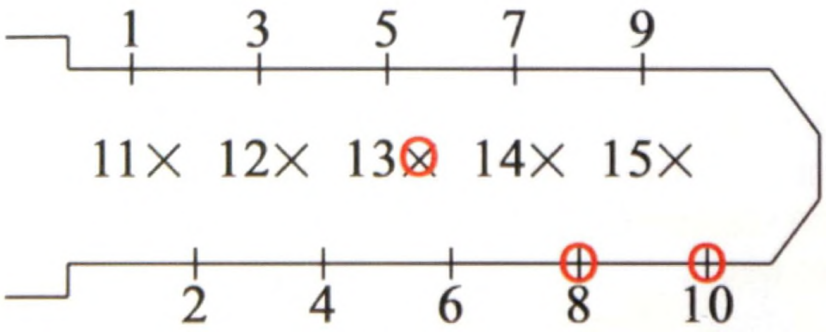
Position 13 :



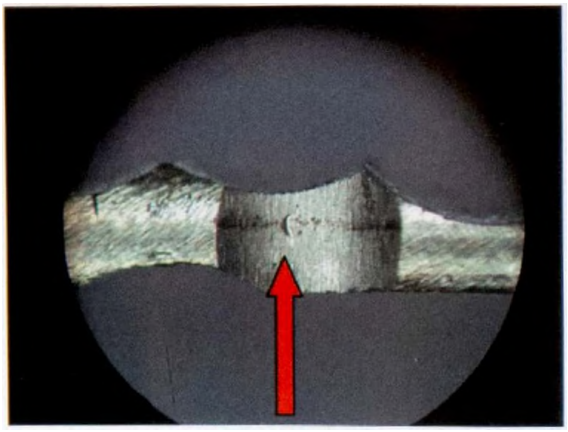
Position 7 :

La marque d'impression est difficile à rendre avec une photo, mais on la voit très bien en faisant bouger l'ébauche dans la lumière :
elle brille nettement.

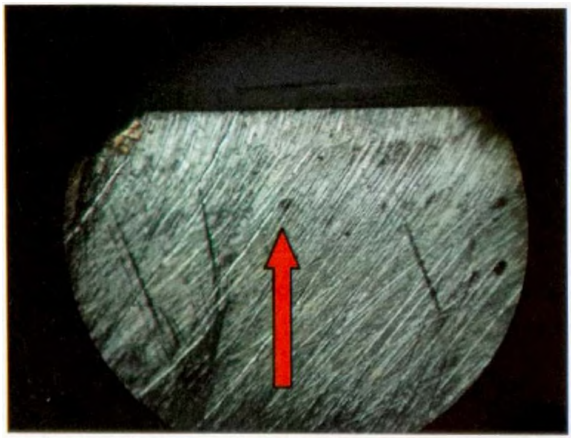
5. Il faut donc limer d'une profondeur les positions 13 et 7.
De 0 à 1 pour la 13 et de 1 à 2 pour la 7.
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



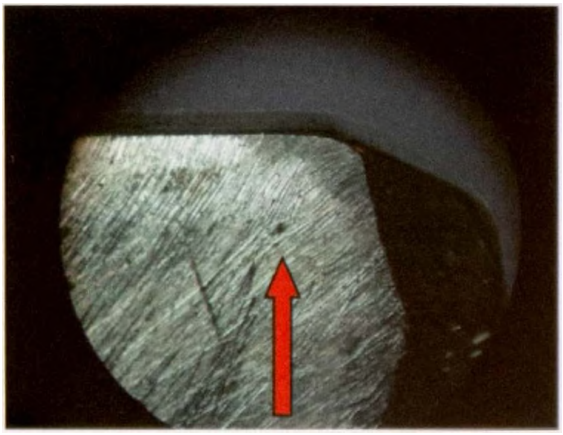
Position 13 :



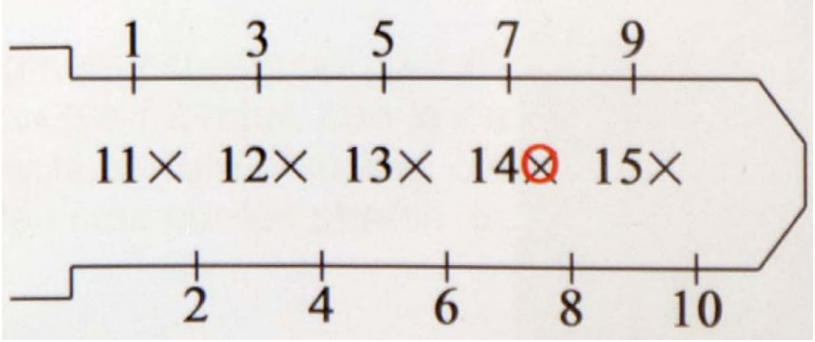
Position 8 :



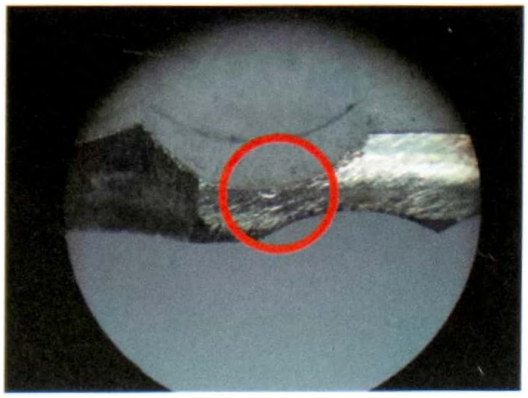
Position 10 :



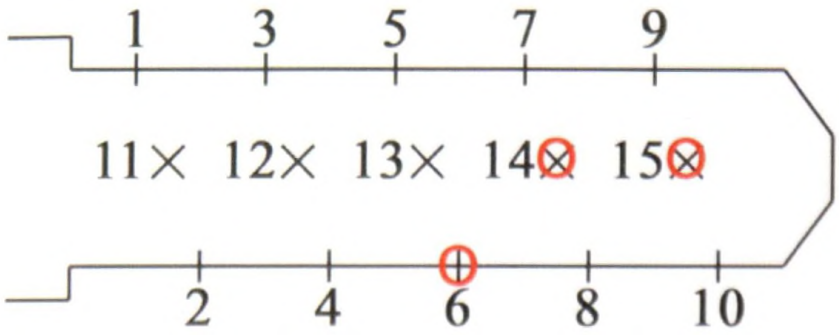
6. Il faut donc limer d'une profondeur les positions 13, 8 et 10.
De 0 à 1 pour les 8 et 10 et de 1 à 2 pour la 13.
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



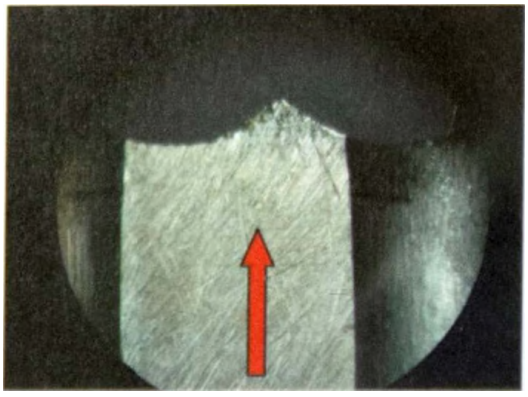
Position 14 :



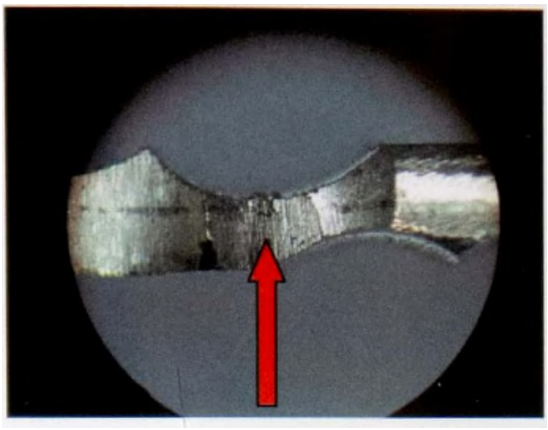
7. Il faut donc limer d'une profondeur la position 14.
De 0 à 1 donc.
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



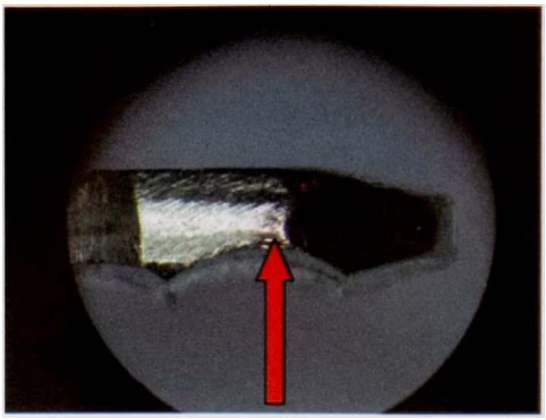
Position 6 :



Position 14 :



Position 15 :



8. Il faut donc limer d'une profondeur les positions 6, 14 et 15.
De 0 à 1 pour les 6 et 15, et de 1 à 2 pour la 14.
Après ça, on repasse à la production de marques :

! LE ROTOR TOURNE DIFFICILEMENT !

Enfin, on lime d'une profondeur la position 15.
La clé peut maintenant être utilisée.
Malgré tout le soin apporté à sa réalisation, elle accroche un peu mais fonctionne suffisamment bien.

La combinaison de la clé est la suivante :

Position

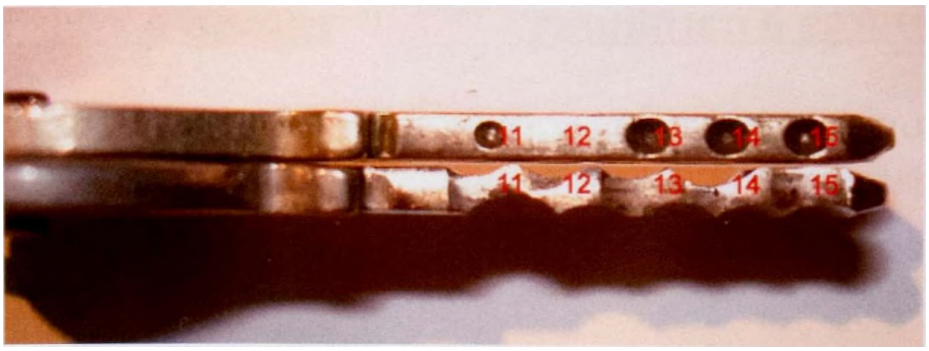
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2x	1	1	1	1	2x	1	0	1	1	0	2	2	2

Code (x = goupille aplatie)

La clé originale est prévue pour être réversible. Dans le cas présent, on n'a fabriqué que la partie nécessaire pour faire fonctionner la serrure d'un seul côté.
On voit bien cela sur les photos de la page suivante.

Première face de la clé.

Deuxième face de la clé.



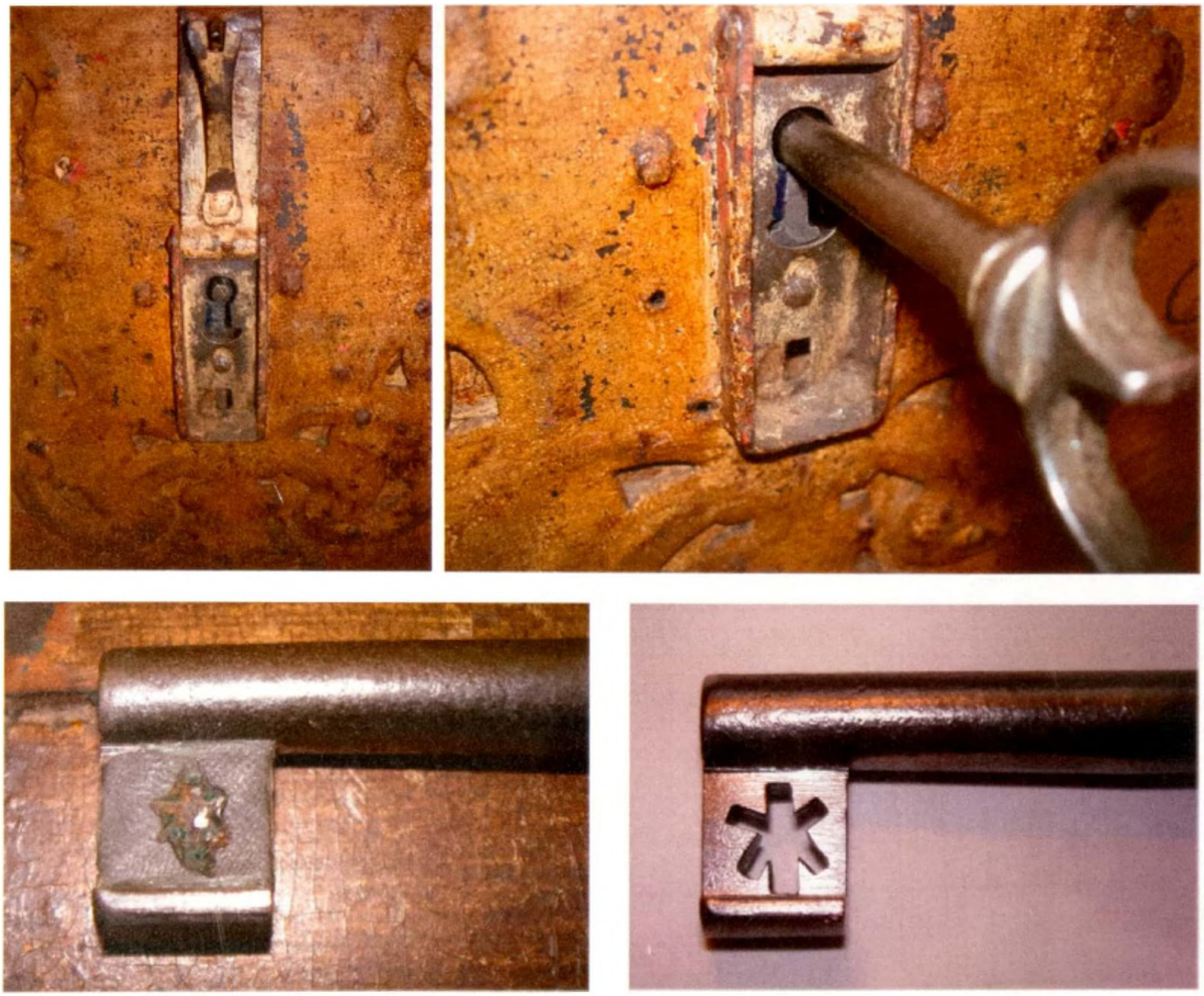
Chant de la clé

Note :

En comparant la clé originale et la clé faite par impression on s'aperçoit que certains trous ne participent pas au fonctionnement. La clé semble ainsi plus sûre et plus difficile à décoder par simple examen visuel.
Avec un peu de pratique il est possible de découvrir le code de la clé car le nombre de niveaux possibles des profondeurs de combinaisons est faible (dans le cas présent, seulement 3 pour les faces planes et 2 pour les chants).

3.2. Serrures à garnitures

Les serrures à garnitures sont faciles à ouvrir par impression, mais il faut néanmoins en parler.



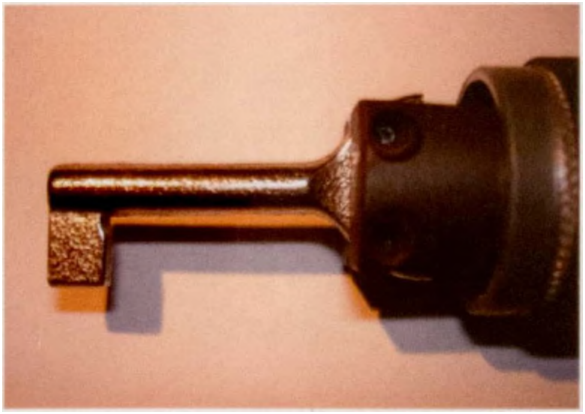
Une ébauche adaptée sera enduite d'un matériau plastique tel que cire, pâte à modeler ou tout autre matériau similaire, puis pressée contre les garnitures.
On les verra alors « apparaître » dans la cire, il suffira ensuite de limer ou découper à l'endroit indiqué.
Il faut procéder avec précaution car le matériau risque de rester collé sur les garnitures.

3.3. Serrures à gorges

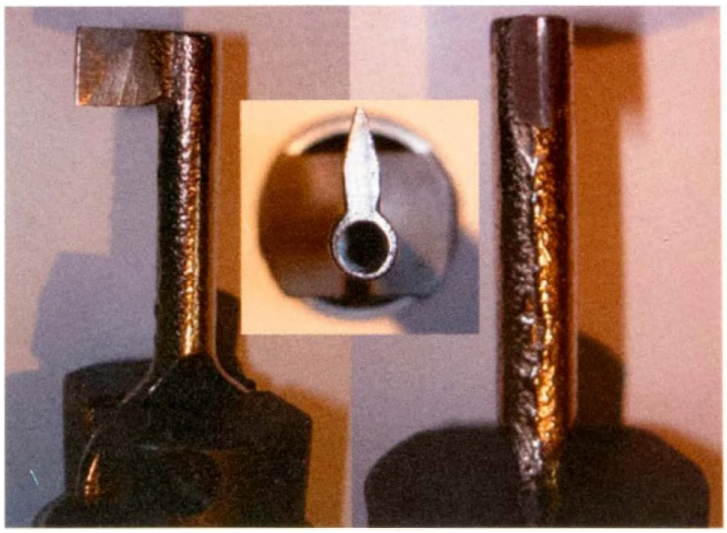
3.3.1. Serrure à 3 gorges

Voici un exemple d'ouverture de serrure à gorges par impression.
Le procédé est le même quel que soit le nombre de gorges, 3 comme ici ou plus.
Dans le cas présent, nous opérerons sans aucune connaissance des paramètres de la serrure.

L'ébauche correspondante est préparée de manière à être maintenue à l'aide d'une poignée d'impression.



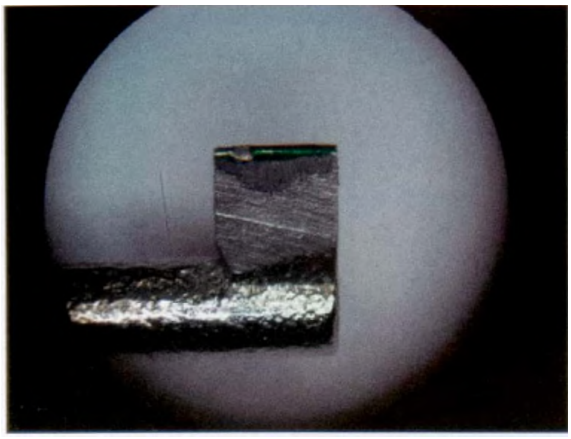
La technique de la « lame de couteau » est tout à fait adaptée aux serrures à gorges.
Comme il y a moins de matière, les gorges s'impressionnent mieux sur la zone de contact et les marques sont meilleures.

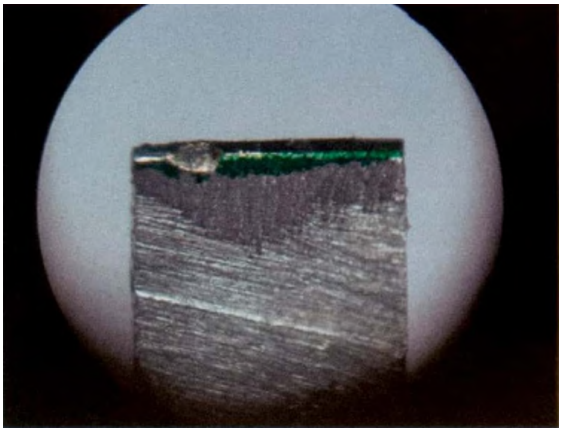


En appliquant de la peinture ou du feutre sur la zone de contact de l'ébauche, les marques seront plus visibles du fait du contraste créé.
Certains ouvrages conseillent le passage au noir de fumée.
Vernis ou feutre sont préférables.

Une fois la préparation faite, on insère la clé dans la serrure, on tourne dans le sens d'ouverture et on applique le « mouvement dynamique ».

Le mode opératoire est sensiblement le même qu'avec une serrure à goupilles, à ceci près qu'on tourne la clé dans le sens d'ouverture seulement.
Une fois les marques produites, on obtient ceci :



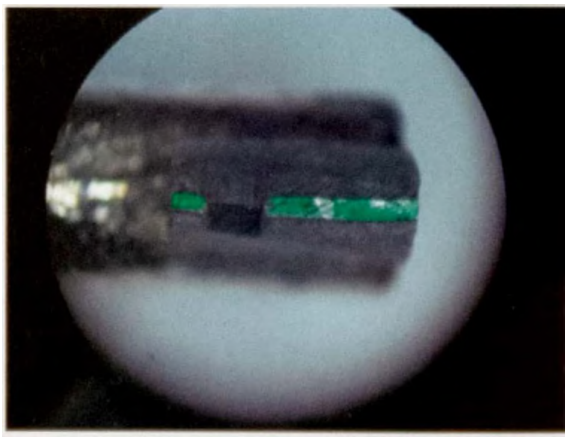


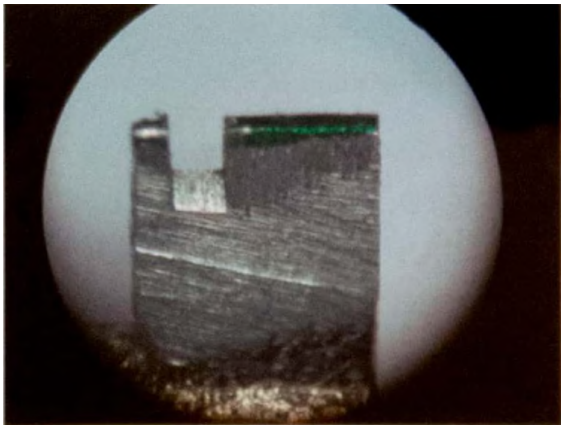
On voit nettement une marque d'impression située sur l'arête de l'ébauche. La ligne de couleur est interrompue, rendant la marque d'impression bien visible.

On va donc limer à cet endroit, à l'aide d'une lime plate.

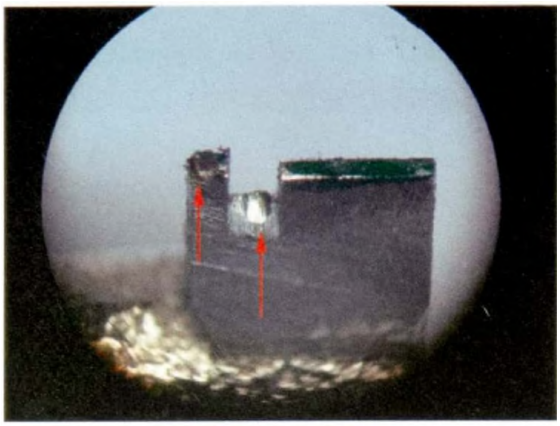
Faites bien attention à ce que la largeur de la lime corresponde à la largeur de la gorge.

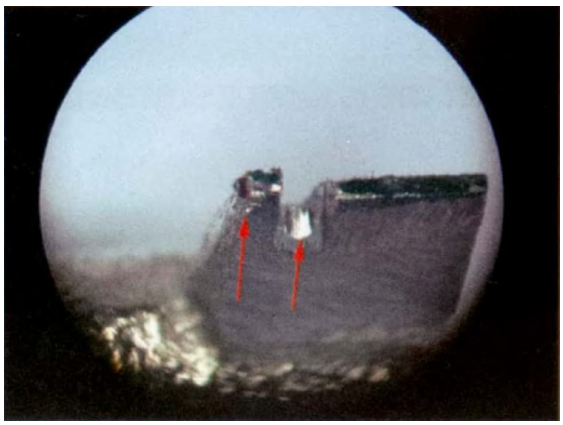
La technique de la « lame de couteau » doit être retenue car elle améliore la détection des marques.



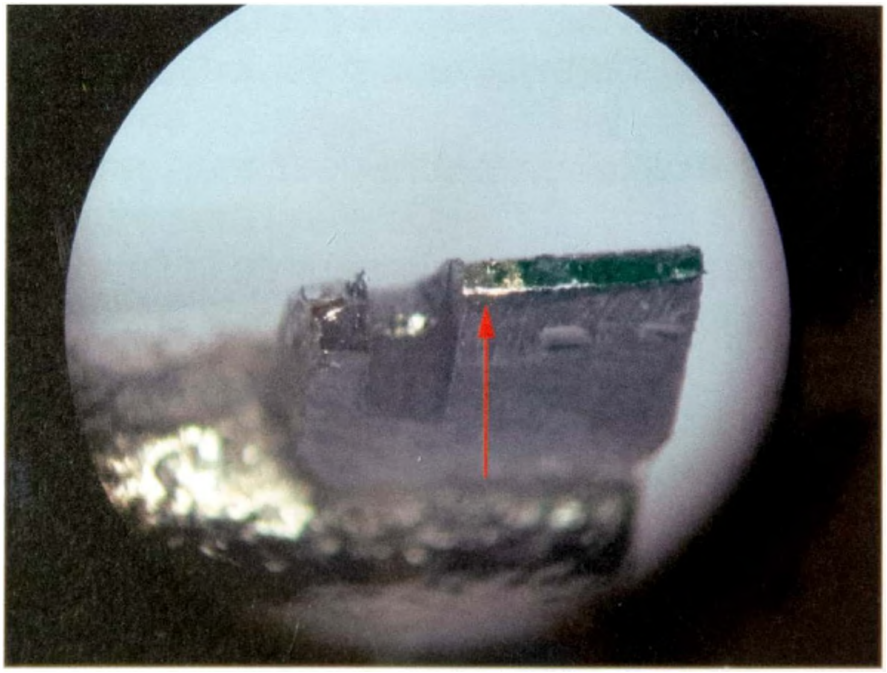


Une fois les marques produites, on obtient ceci :





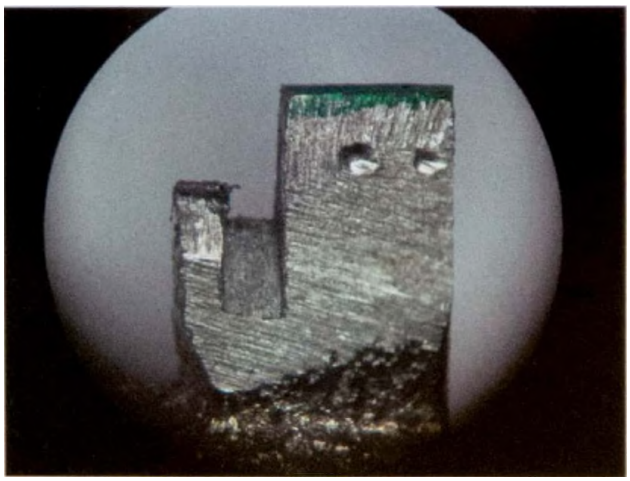
On voit deux marques distinctes aux positions 1 et 2.
La clé est donc limée d'une profondeur à chaque position.
Une fois de plus, on repasse à la production de marques et on obtient ceci :

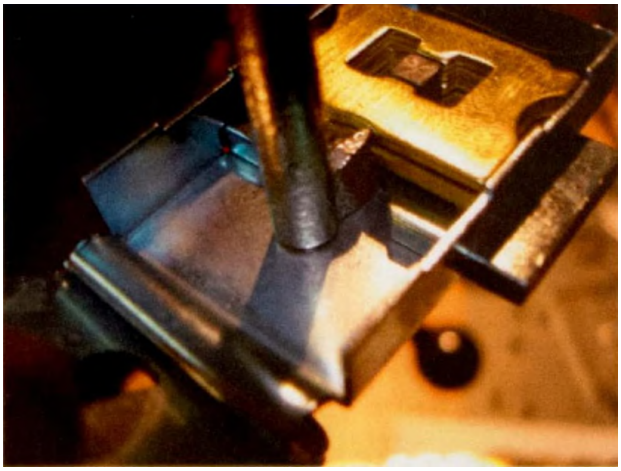


Là encore, on voit deux marques aux positions 1 et 2.
La position 3 a été frottée, mais pas déformée. Dans ce cas, on ne lime pas la position 3.
(Les marques sur le côté sont dues à l'entraîneur du pêne de la serrure).

Une fois encore limer un petit peu les positions 1 et 2, et maintenant la clé fonctionne.

On obtient alors cette image :





Note :

Sur la clé originale on remarque une découpe supplémentaire qui n'intervient pas dans le fonctionnement de la serrure.

3.4. Serrures de voiture

3.4.1. Serrure de voiture à 10 paillettes

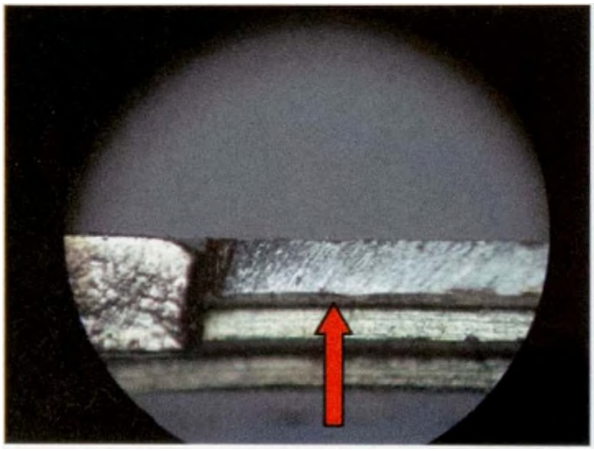
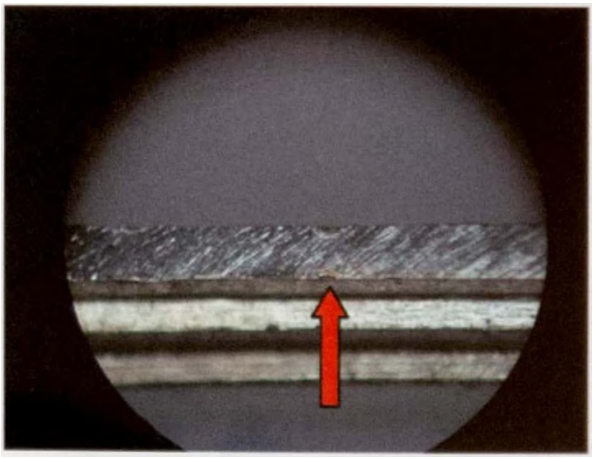
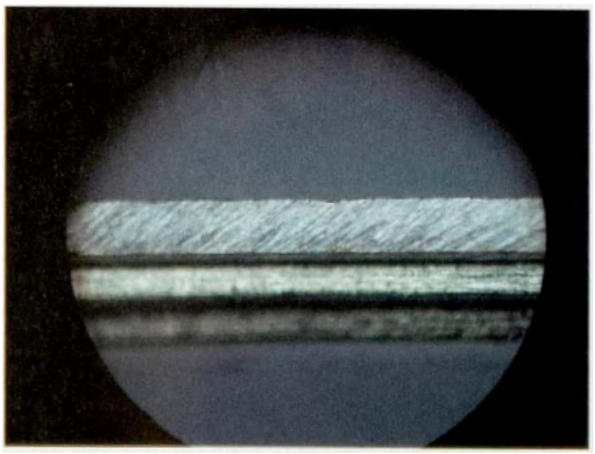
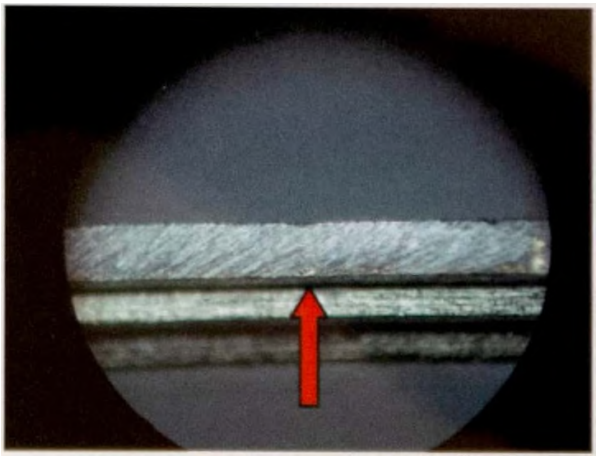
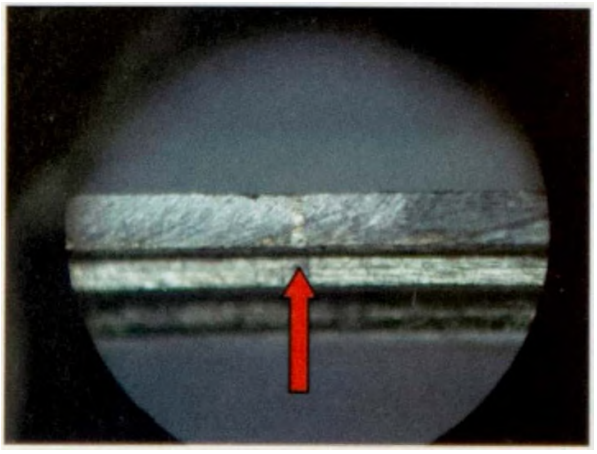
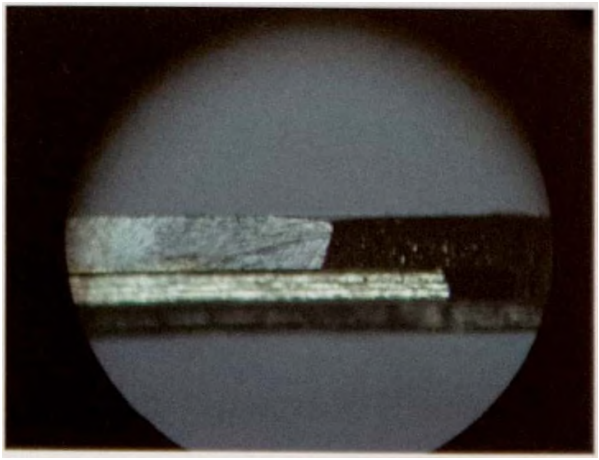
Afin d'illustrer la méthode d'impression libre, cet exemple sera conduit sans disposer d'aucune donnée sur la serrure.
Il est plus facile de procéder à l'impression d'une serrure quand on a des données concernant celle-ci.

1. On prépare l'ébauche en éliminant le chromage à la lime, il doit en résulter une surface unie et non réfléchissante.

ATTENTION :
Dans le cas de serrures de voitures il est important de ne pas trop forcer. Les paillettes pourraient en être abîmées. Le pire, c'est si la clé casse dans la serrure, il serait alors quasiment impossible de l'en sortir.

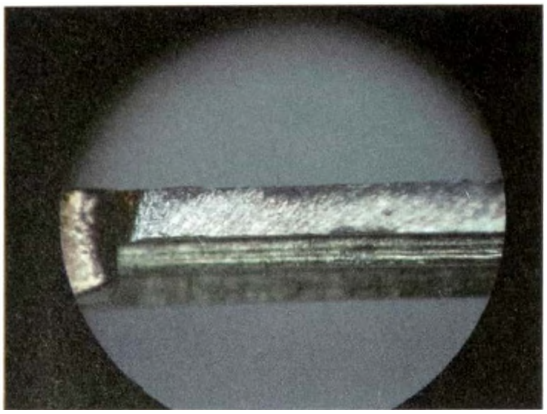
Etant donnée la nature de la serrure, il faut préparer l'ébauche des 2 côtés.
Comme le montre la première production de marques, les paillettes sont placées alternativement en haut et en bas de la serrure.
Il faudra examiner les 2 côtés de l'ébauche après chaque production de marques.

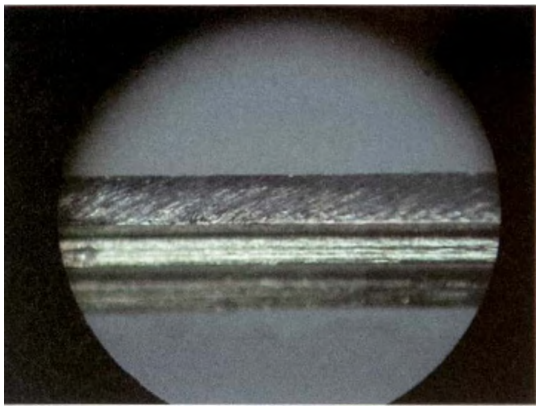
<u>Vues du chant du dessus, de gauche à droite :</u>

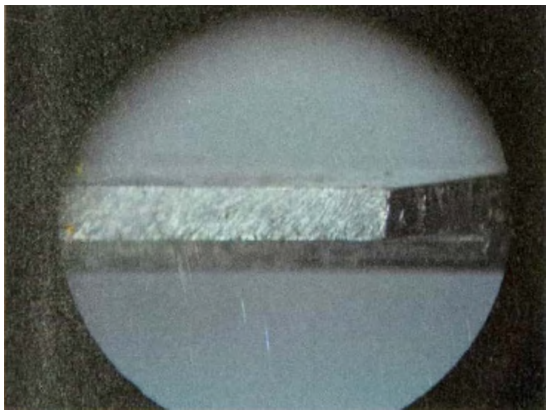







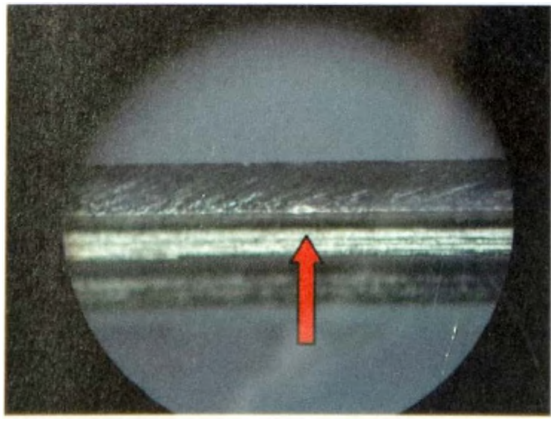
On voit 4 marques sur le chant du dessus, 2 près de la tête, 2 vers l'extrémité.

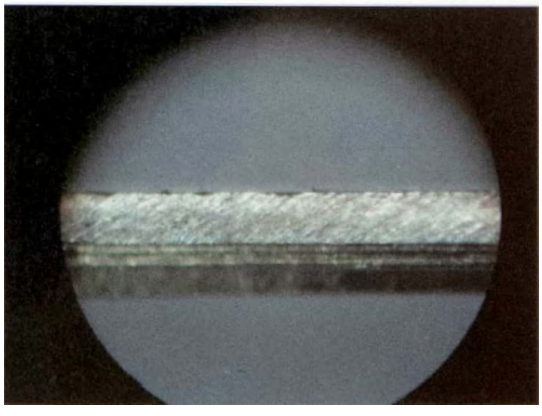
<u>Vues du chant du dessous, de gauche à droite :</u>









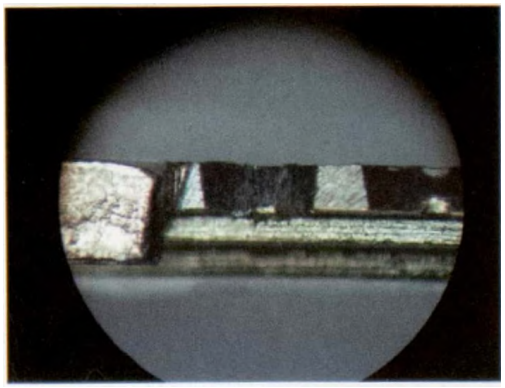


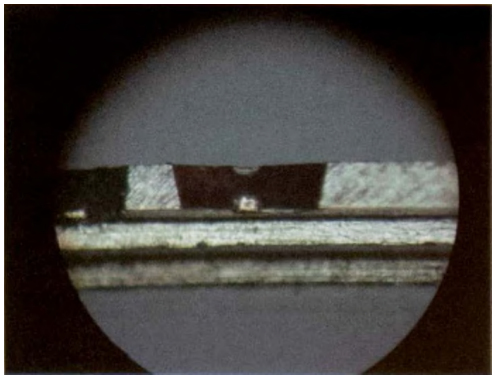
On voit une marque, à peu près à mi-longueur du chant du dessous.

2. On va maintenant limer chaque marque du même nombre de coups de lime. (Environ 10 coups de lime par position).

Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :

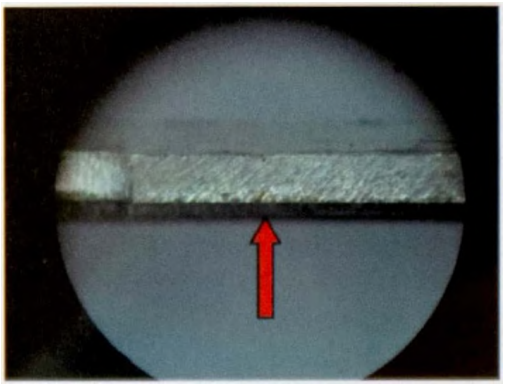
<u>Vues du chant du dessus :</u>





On voit 2 marques proches de la tête de l'ébauche, aux positions 1 et 2.

<u>Vue du chant du dessous :</u>

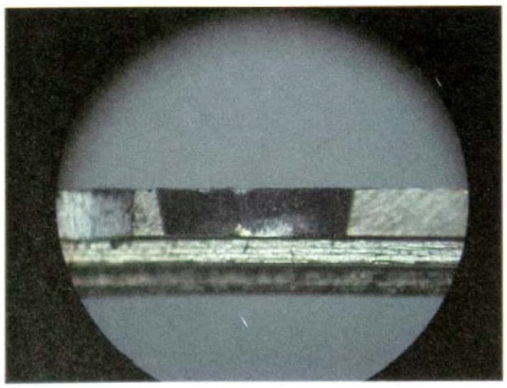


A côté de la marque du milieu obtenue à la première production de marques, on voit maintenant une autre marque.

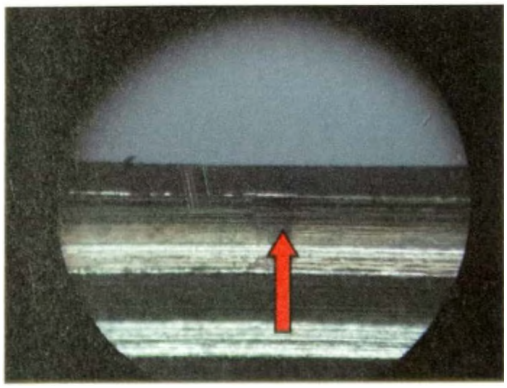
3. On lime alors chacune des marques du même nombre de coups de lime. (Environ 10 coups de lime par position).

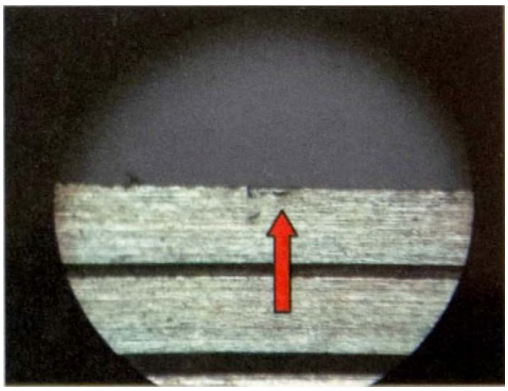
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :

Vue du chant du dessus :



On voit une marque à la position 2.
Vues du chant du dessous :



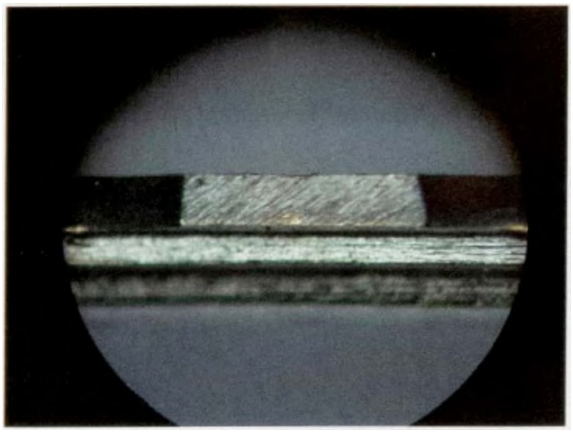


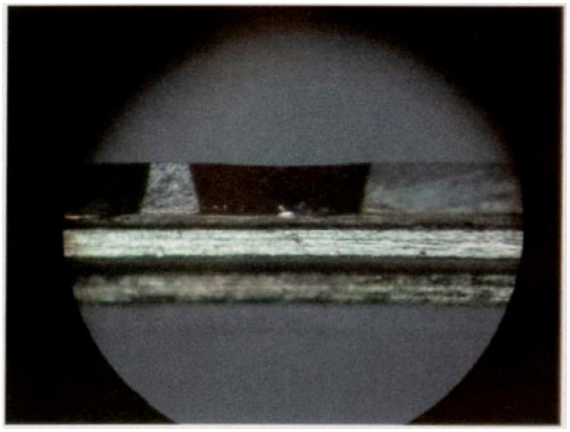
!!! Les deux photos sont deux vues différentes de la même marque, l'une vue de dessus, l'autre vue de côté !!!
L'ébauche doit être tournée dans la lumière pour bien voir apparaître les marques.
Une nouvelle marque est visible à la position 2.

4. On lime alors chacune des marques du même nombre de coups de lime. (Environ 10 coups de lime par position).

Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :

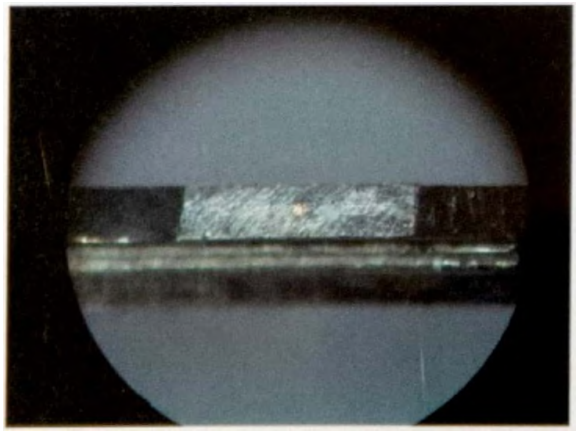
Vues du chant du dessus :





On voit 2 nouvelles marques, l'une après la position 2, et l'autre à droite de l'ébauche.

Vue du chant du dessous :



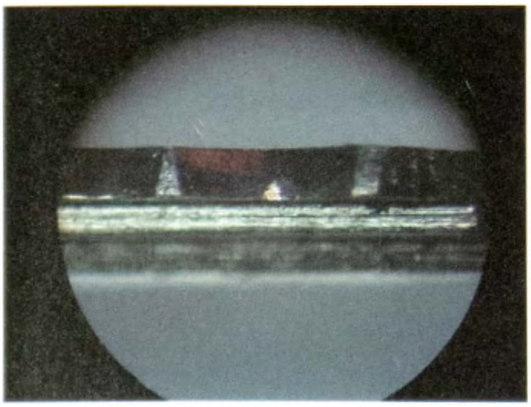
Une nouvelle marque est visible sur la droite de l'ébauche.

5. On lime alors chacune des marques du même nombre de coups de lime. (Environ 10 coups de lime par position).

Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :

Sur le chant du dessus, il n'y a pas de nouvelles marques. Mais sur le chant du dessous, on obtient une nouvelle marque sur la droite de l'ébauche.

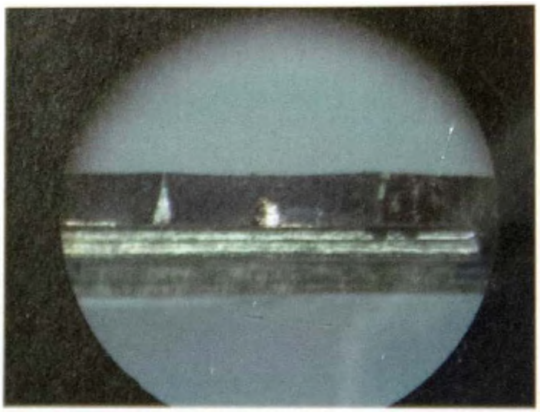
<u>Vue du chant du dessous :</u>



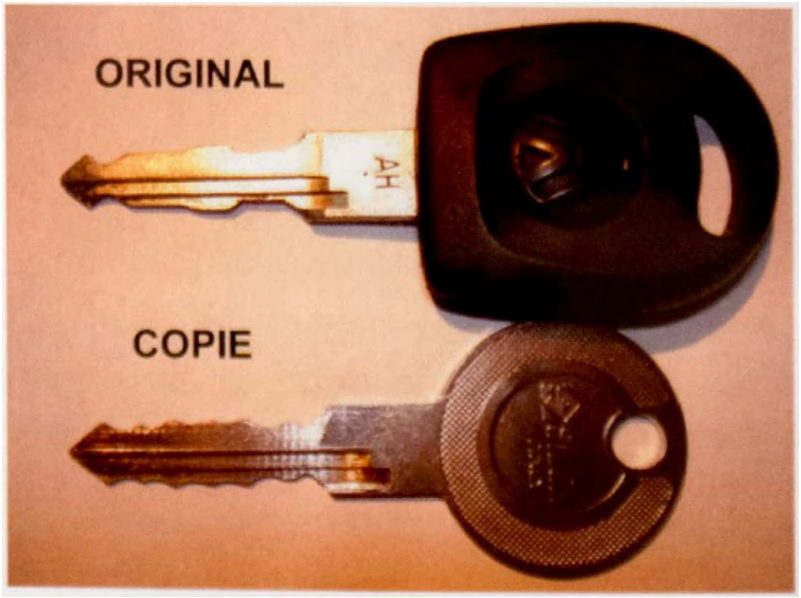
6. On lime alors cette marque du même nombre de coups de lime que précédemment. (Environ 10 coups de lime par position)
Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :

Sur le chant du dessus, il n'y a pas de nouvelles marques. Mais sur le chant du dessous, on obtient une nouvelle marque sur la droite de l'ébauche.

<u>Vue du chant du dessous :</u>



Après avoir limé cette dernière marque, la clé fonctionne.

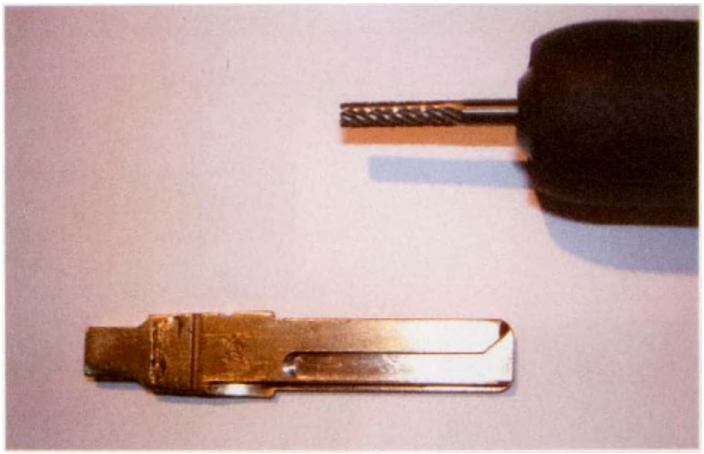


La clé obtenue par impression ne fait tourner la serrure que si elle est insérée dans le bon sens. Pour obtenir une clé réversible, il faut dupliquer la clé des 2 côtés avec une machine à clés. La clé pourra alors faire tourner la serrure quel que soit le sens d'introduction.

Malgré les différences de forme entre la clé originale et la clé réversible faite par impression, la nouvelle clé réversible fonctionne parfaitement.

3.4.2. Serrure de voiture « Laser Track » à 8 paillettes

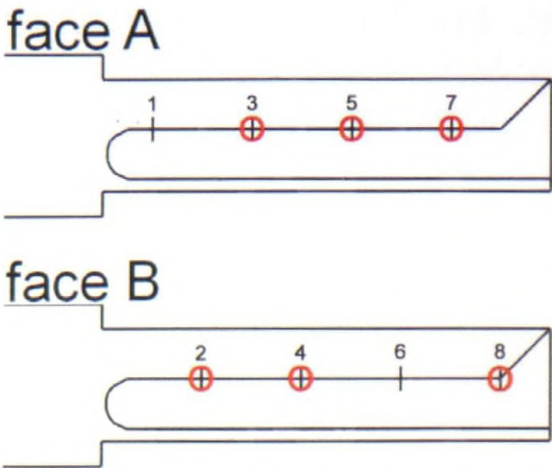
Afin de vous montrer que cette technique est applicable également sur les systèmes les plus récents, nous allons l'appliquer au système « Laser Track ».
La serrure vient d'une voiture impliquée dans un accident, la clé originale est perdue.



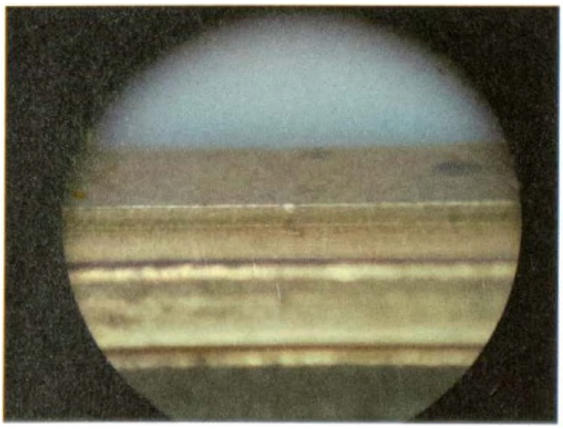
1. La clé est préparée en la taillant à la première profondeur possible, à l'aide d'une machine à clé.
Ensuite, il faudra utiliser une petite fraise.
Une mini-perçeuse de modéliste convient très bien.
L'idéal est de disposer d'une ébauche en laiton.
On la maintiendra dans une pince-étau.

Dans ce cas, il y a 4 paillettes de chaque côté de la serrure (en haut et en bas), on examinera donc l'ébauche de chaque côté.
Il n'existe que 3 profondeurs possibles, ce qui simplifie grandement le travail.

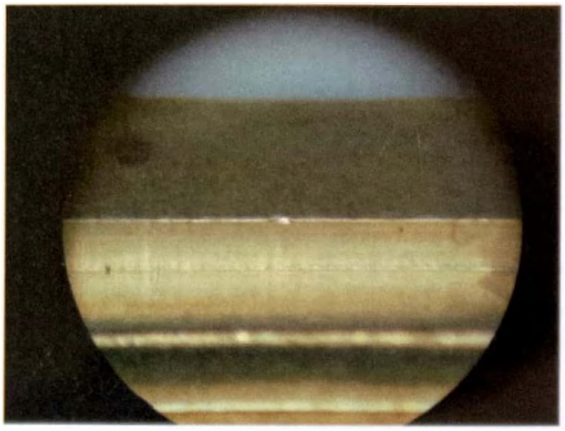
Après la production de marques, on obtient ceci :



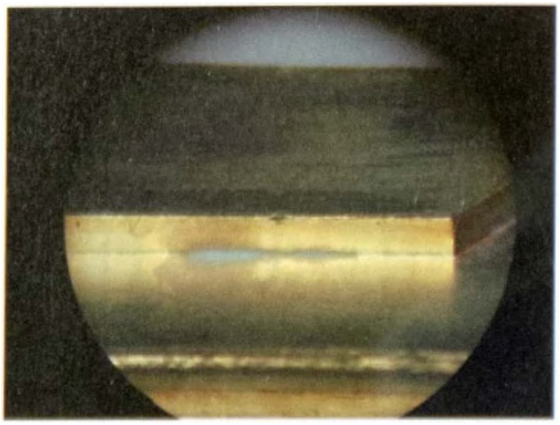
Position 3 :



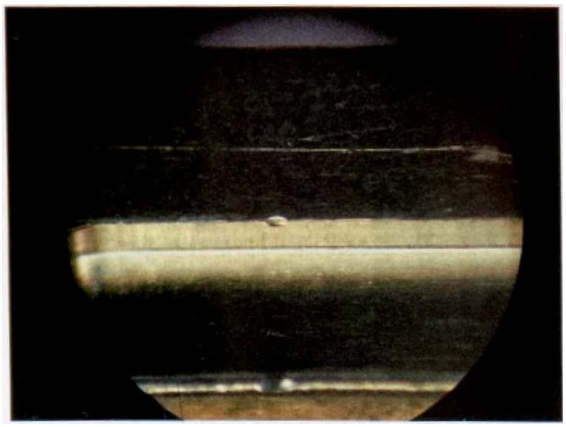
Position 5 :



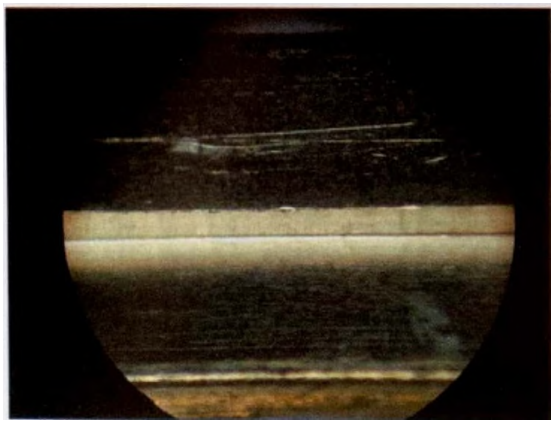
Position 7 :



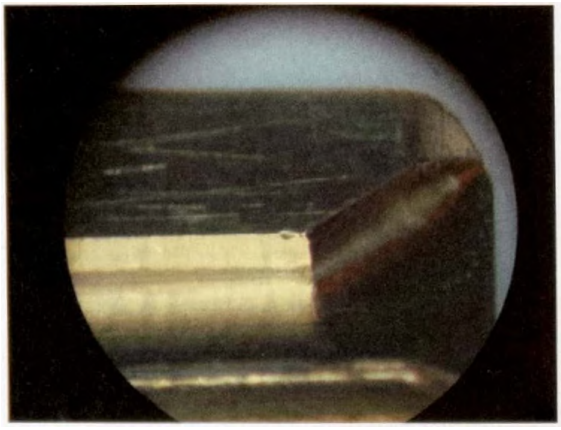
Position 2 :



Position 4 :

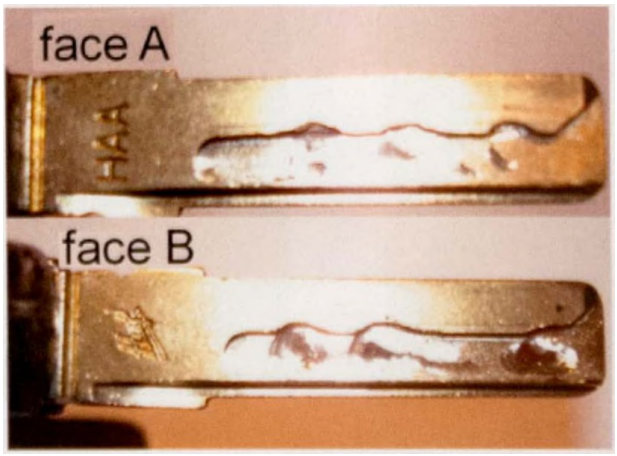


Position 8 :

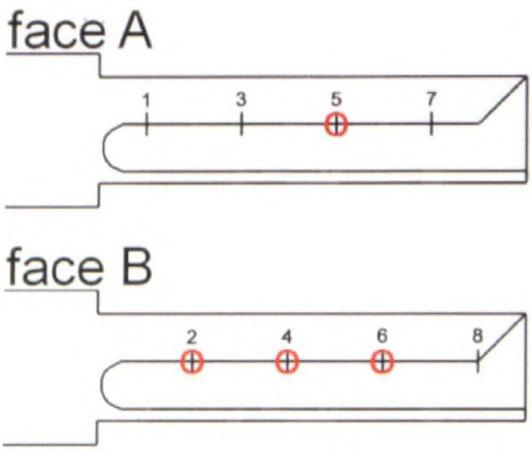


Les positions 2, 3, 4, 5, 7 et 8 doivent gagner une profondeur, passant ainsi de 1 à 2.

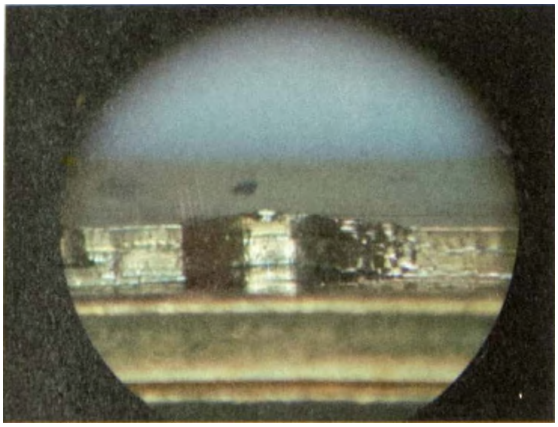
La clé ressemble alors à ceci :



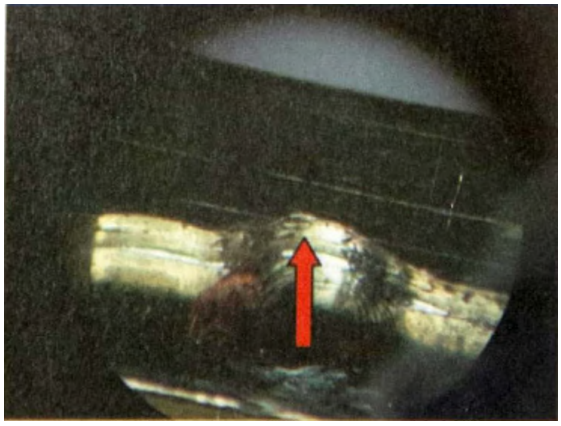
2. Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



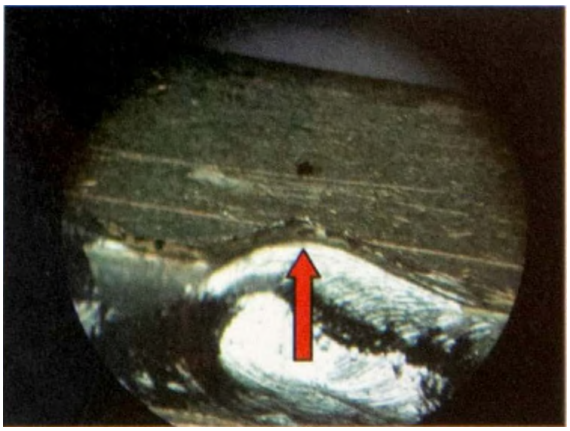
Position 5 :



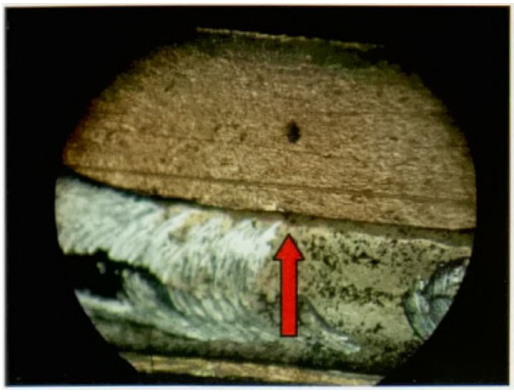
Position 2 :



Position 4 :



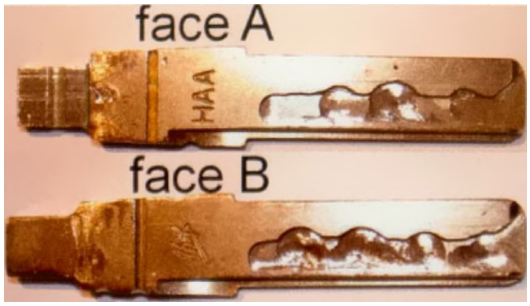
Position 6 :



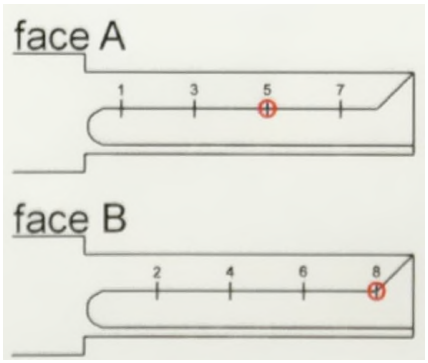
Pour mieux trouver les marques, certaines positions sont repérées par un point noir.

Les positions 2, 4, et 5 doivent gagner une profondeur, passant ainsi de 2 à 3 et la position 6 de 1 à 2.

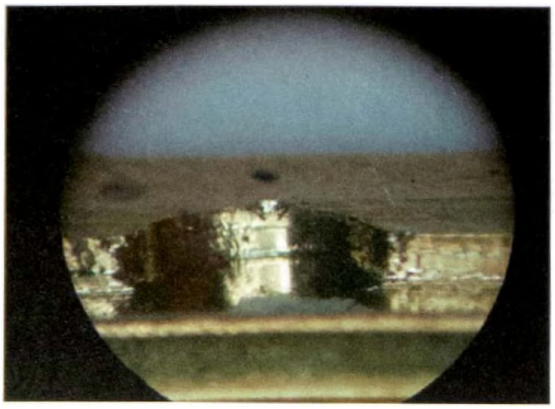
La clé ressemble alors à ceci :



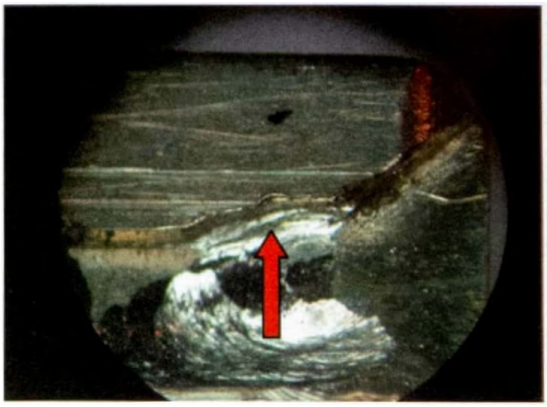
3. Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



Position 5 :

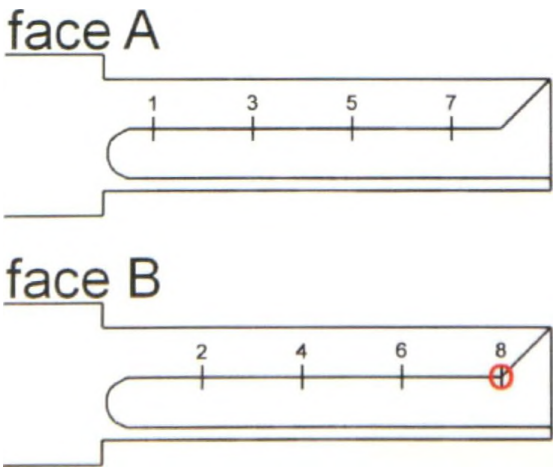


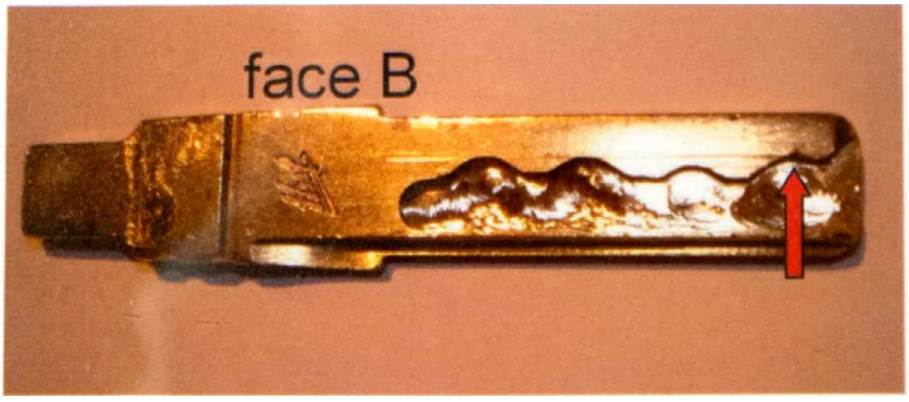
Position 8 :



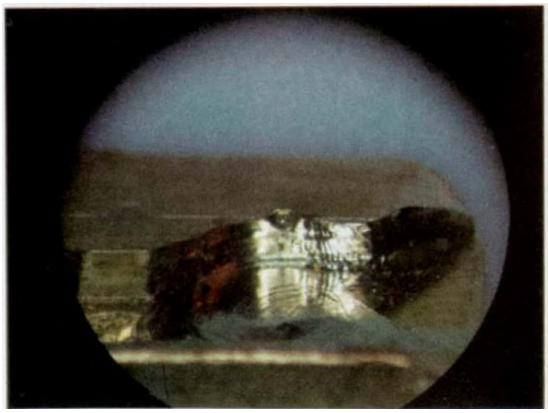
La position 5 doit gagner une profondeur, passant ainsi de 3 à 4, et la position 8 de 2 à 3.

4. Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



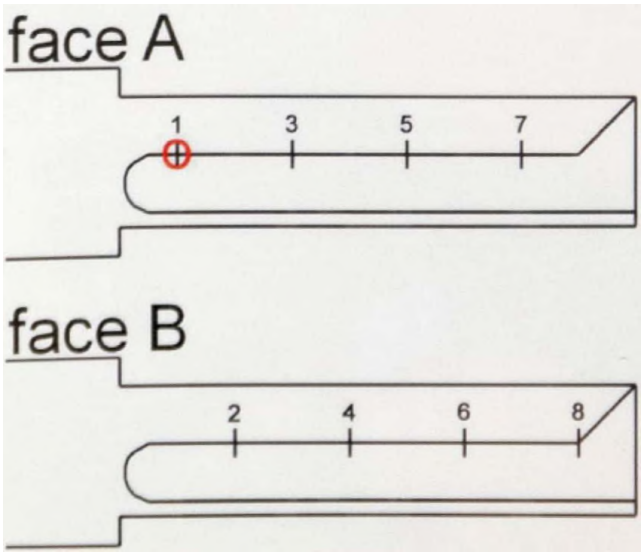


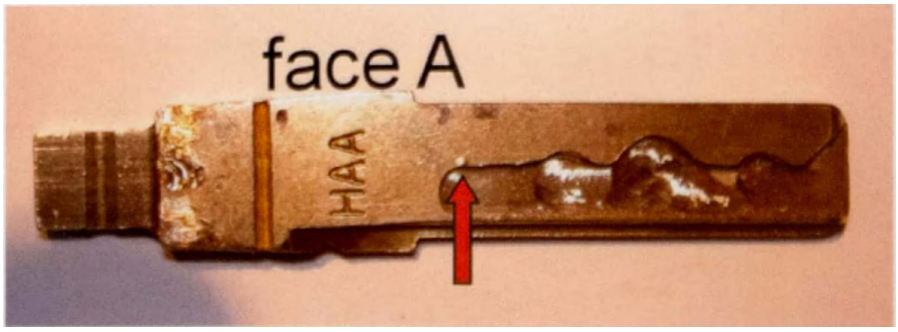
Position 8 :



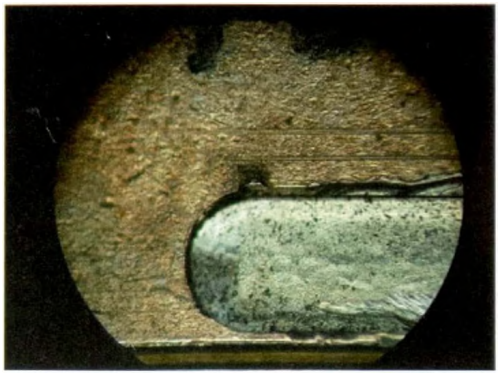
La marque est même visible sans aucune aide optique.
La position 8 doit gagner une profondeur, passant ainsi de 3 à 4.

5. Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :



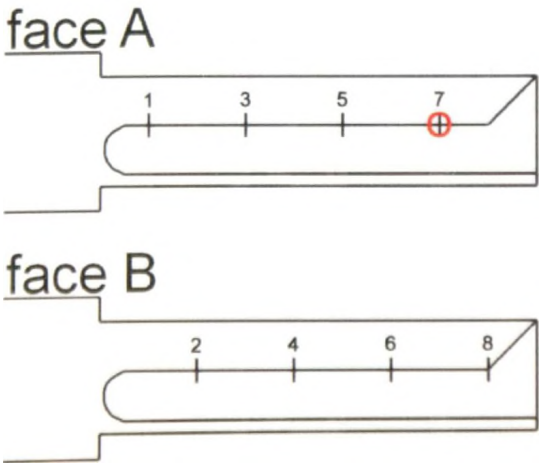


Position 1 :

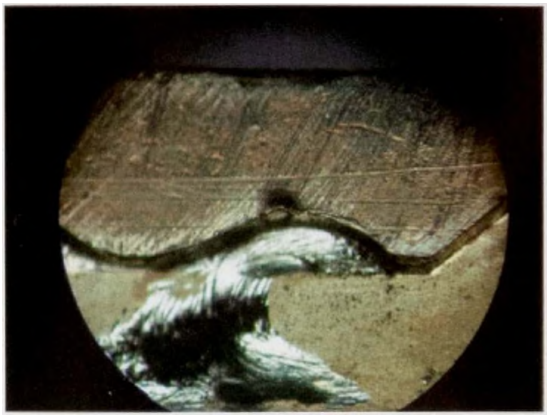


Là encore, la marque est visible sans aucune aide optique. La position 1 doit donc gagner une profondeur, passant ainsi de 1 à 2.

6. Après ça, on repasse à la production de marques et on obtient alors ceci :

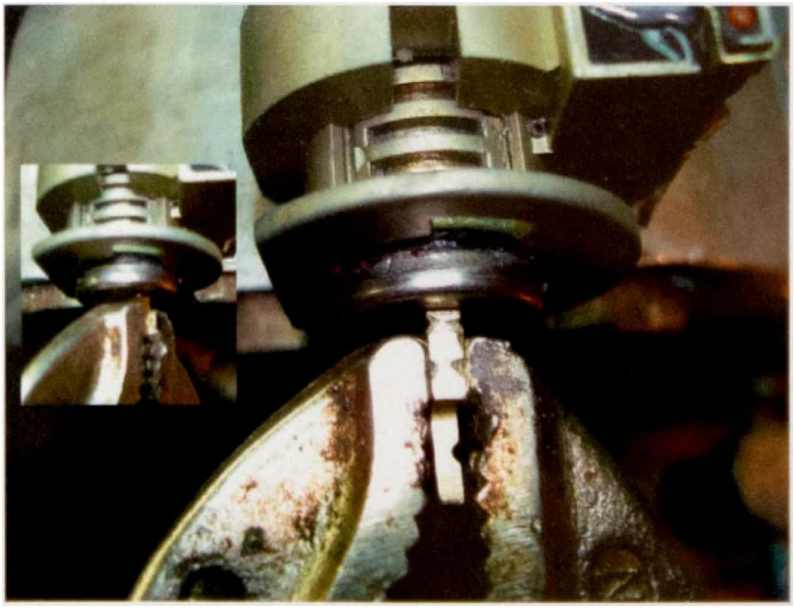


Position 7 :

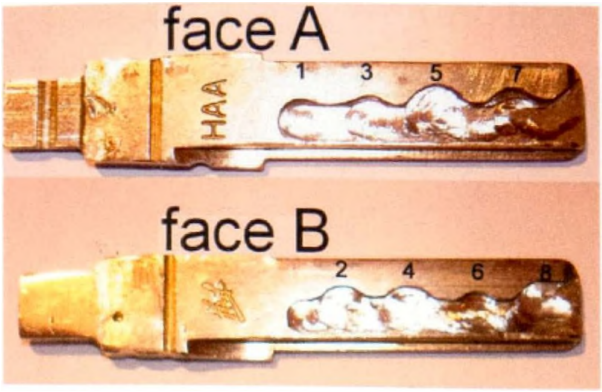


Là encore, la marque est visible sans aucune aide optique. La position 7 doit gagner une profondeur, passant ainsi de 2 à 3.

!!! La serrure cède, la clé est faite !!!



Dans ce cas encore, la clé obtenue par impression ne fait tourner la serrure que si elle est insérée dans le bon sens. Pour obtenir une clé réversible, il faut dupliquer la clé des 2 côtés avec une machine à clés.



La combinaison de la clé est la suivante :

Position:

1	2	3	4	5	6	7	8

Code:

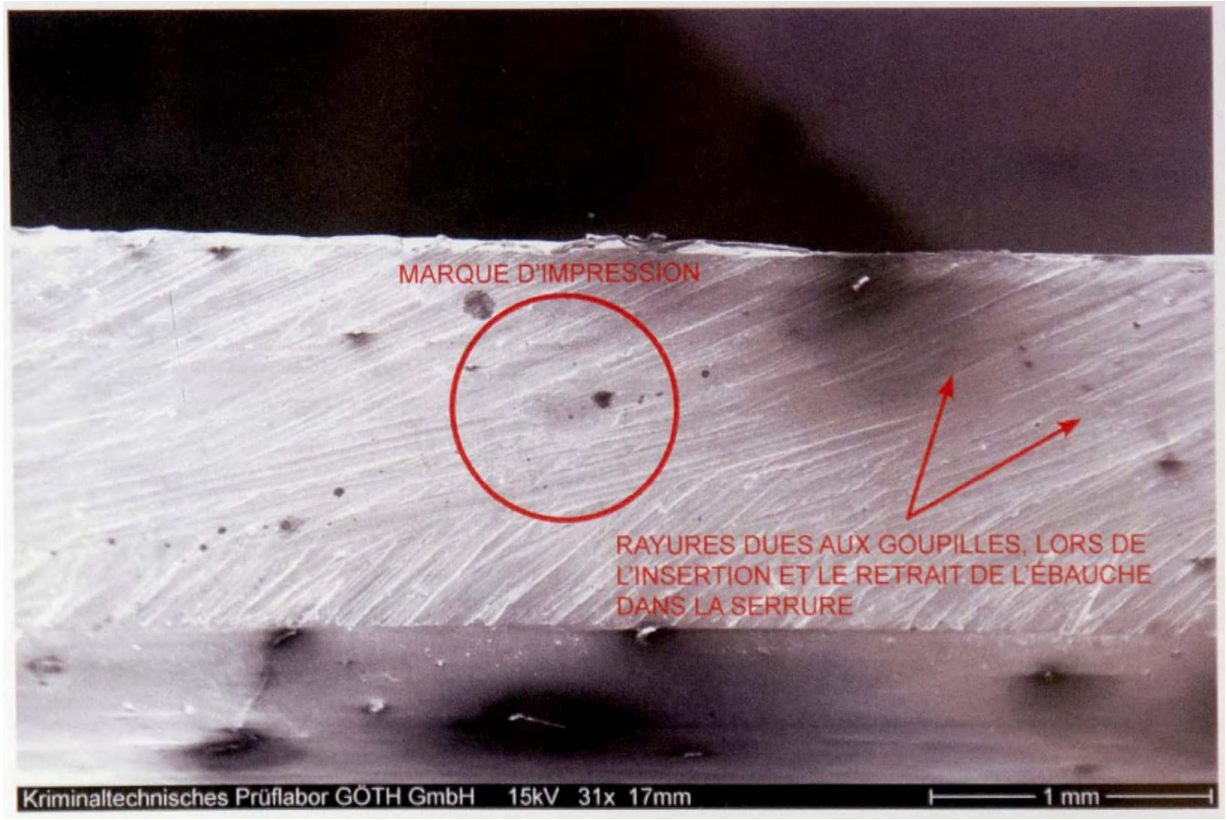
2	3	2	3	4	2	3	4

Note :

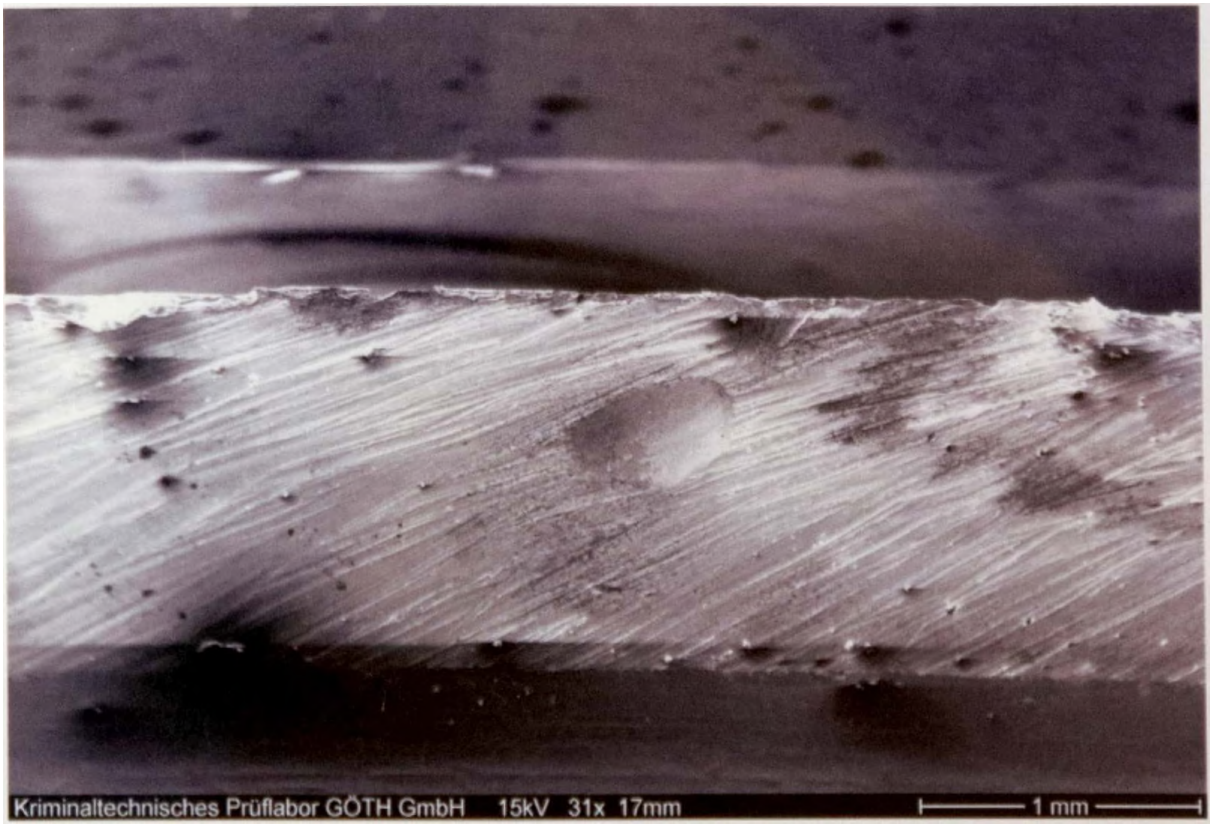
Une astuce qui peut s'avérer utile :
Si on connaît les mesures relatives au modèle de la serrure (cf. 5. Annexes), on peut utiliser un pied à coulisse pour « rayer » l'ébauche sur toute sa longueur et avoir ainsi un repère de profondeur pour chaque niveau de profondeur possible.

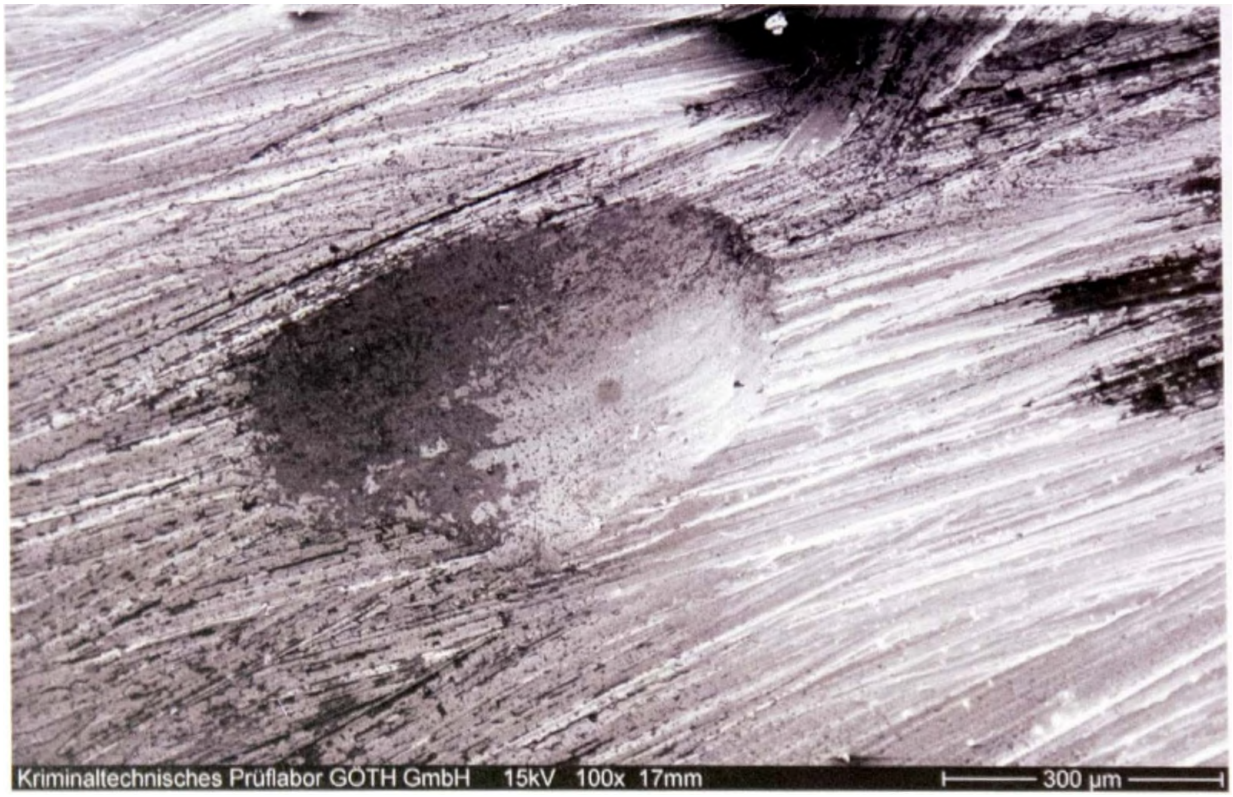
4. Images par microscopie électronique à balayage

4.1. <u>Serrure paracentrique à 5 goupilles</u>

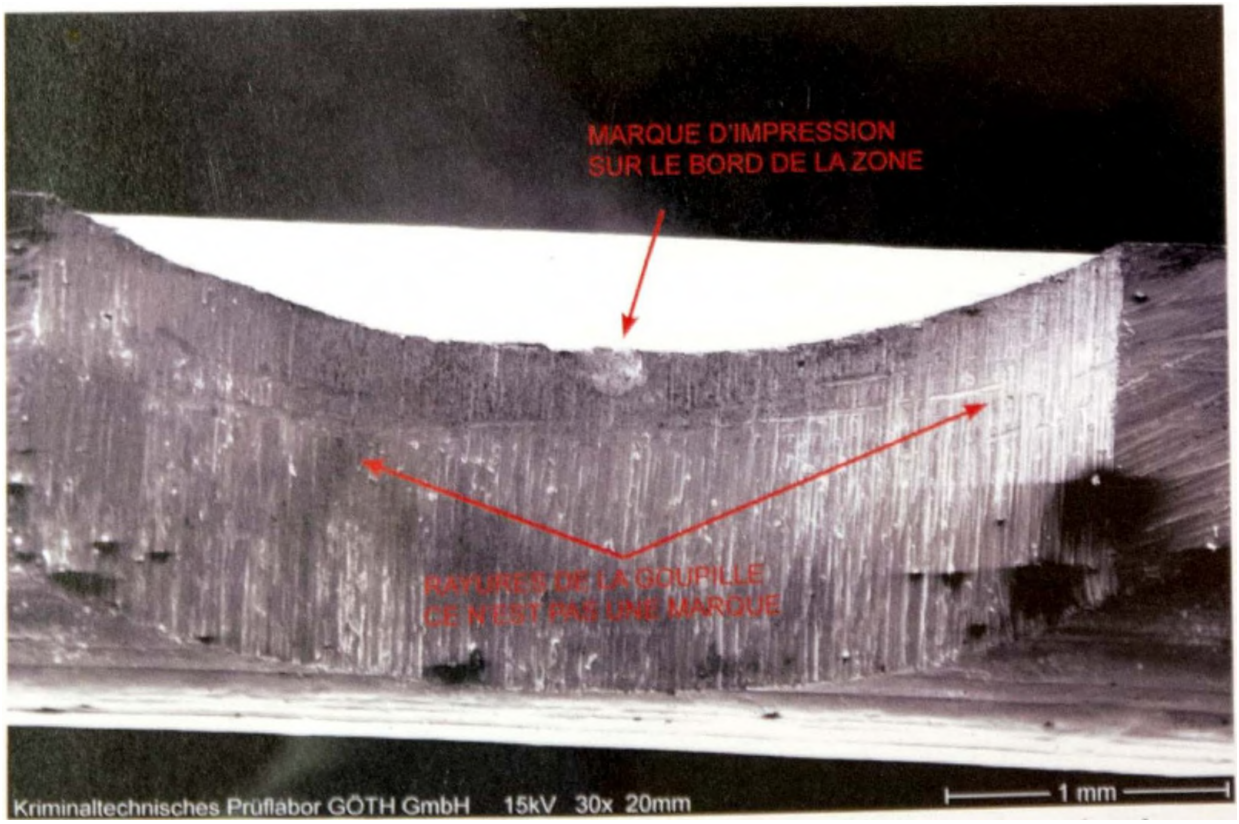


Marques d'impression après la première production de marques.

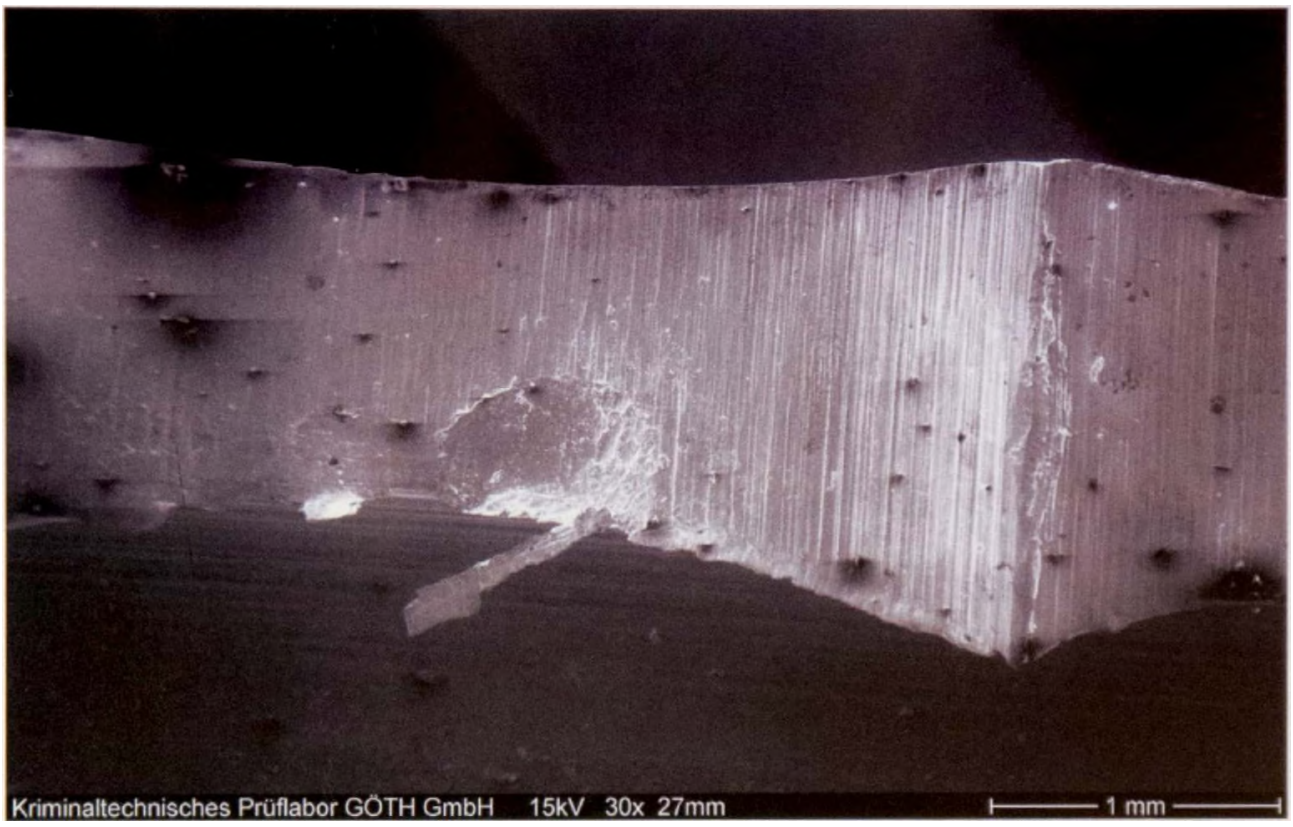




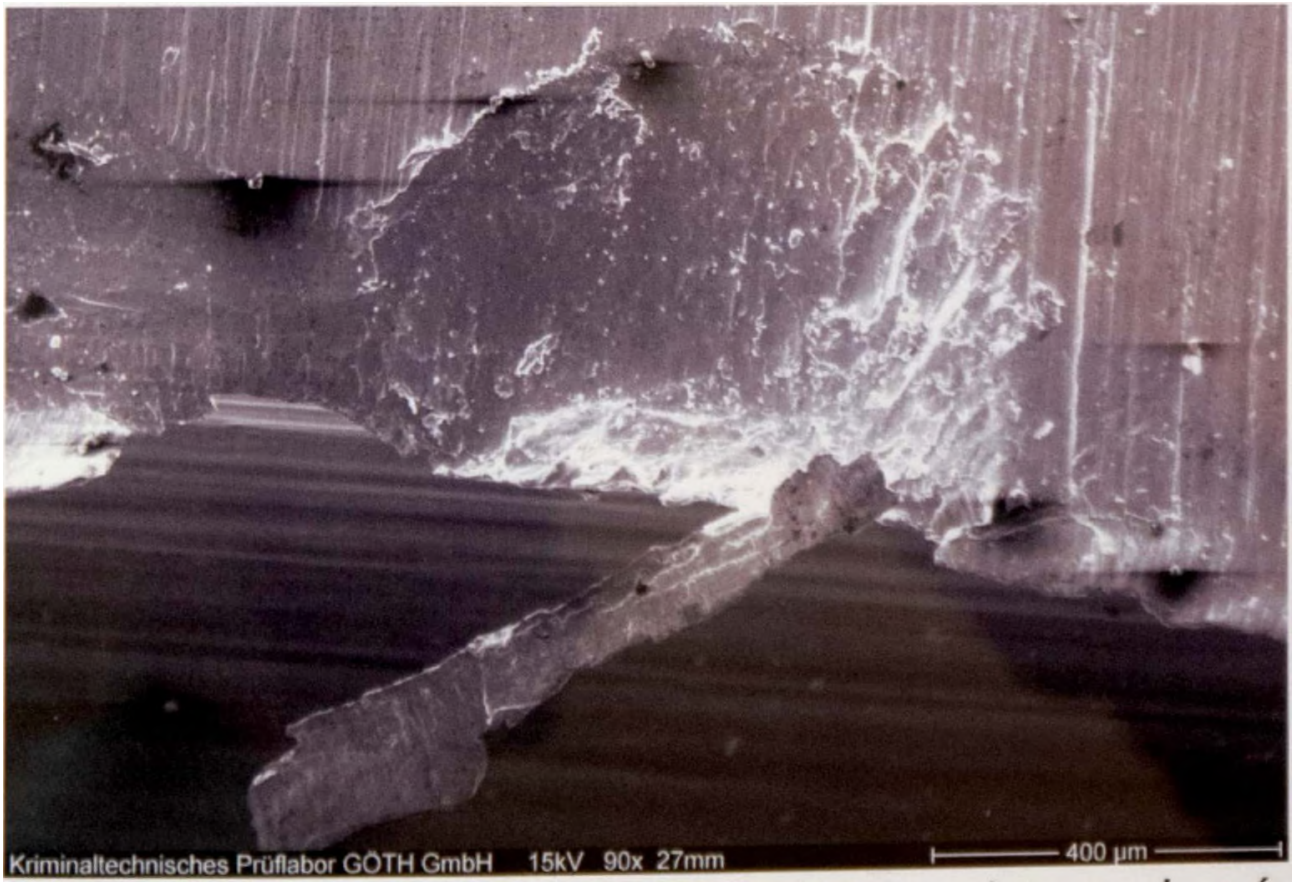
Vue détaillée d'une marque d'impression après la première production de marques.



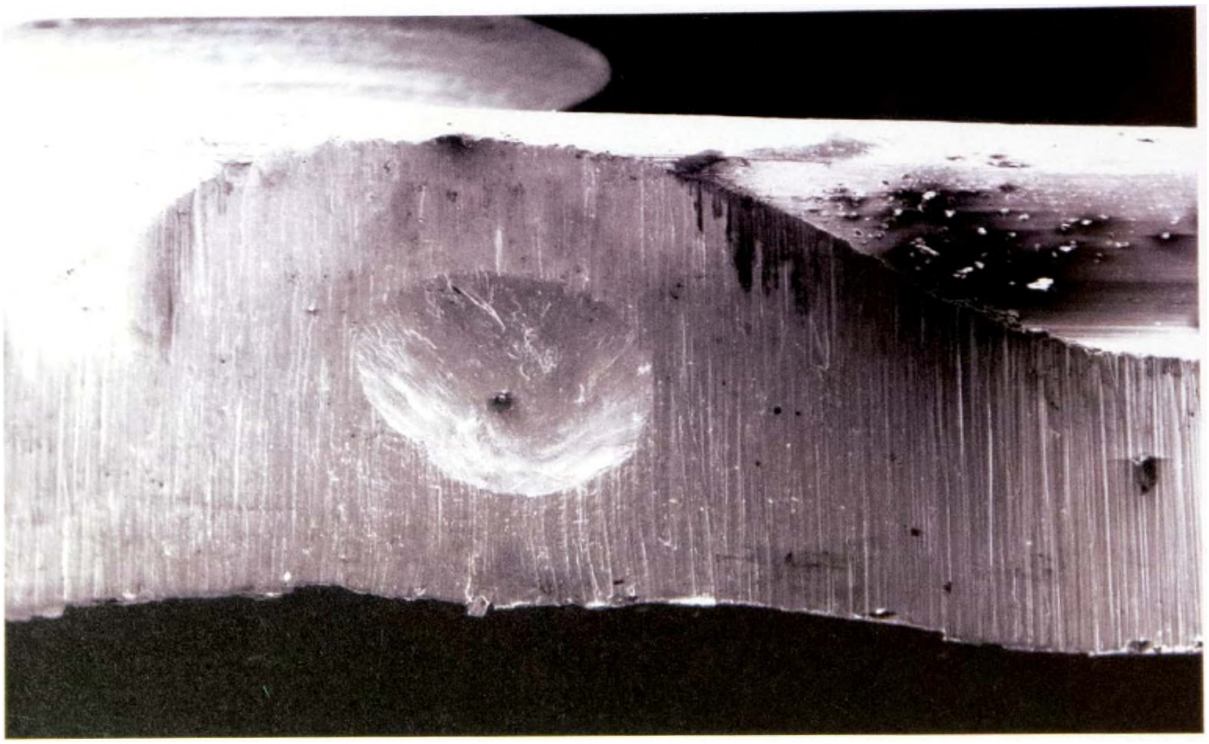
Marque d'impression dans une position déjà limée plusieurs fois ; rayures dues à la goupille.



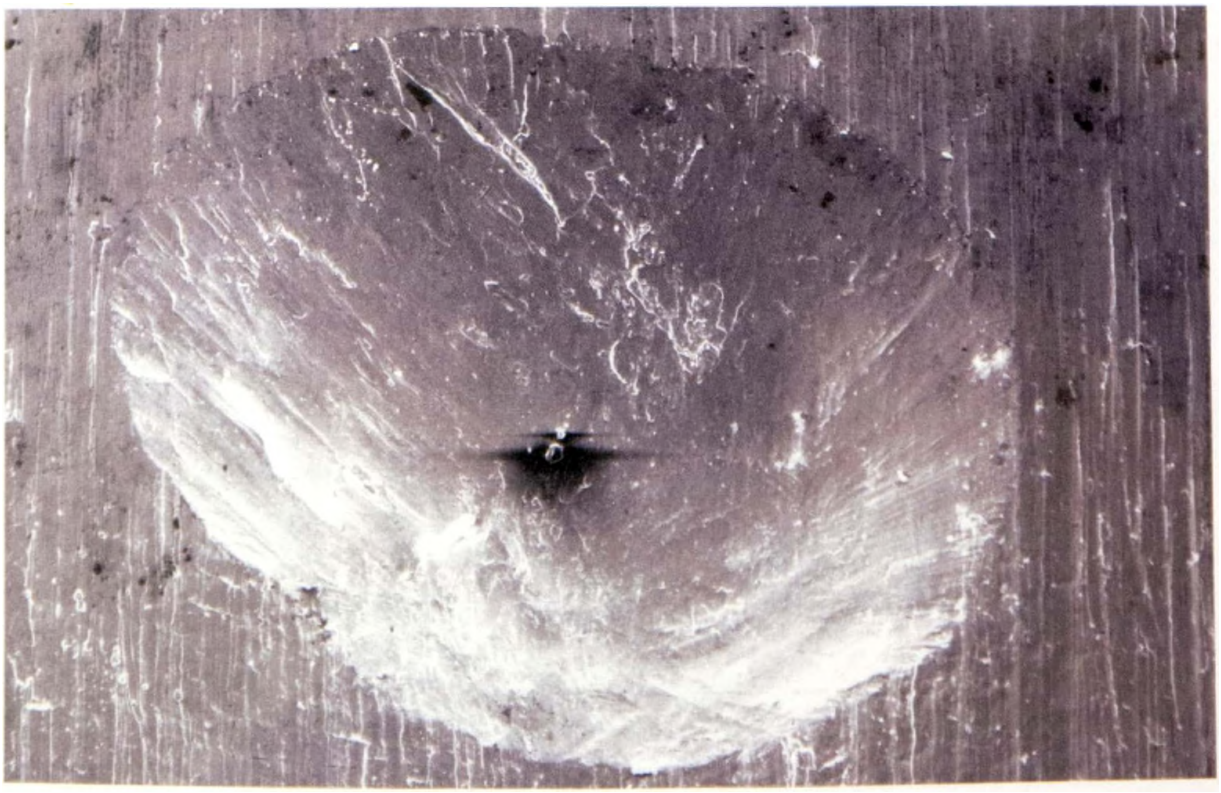
Forte marque d’impression avec bavure de métal sur le bord.



Vue détaillée de la marque d'impression avec bavure de métal sur le bord.

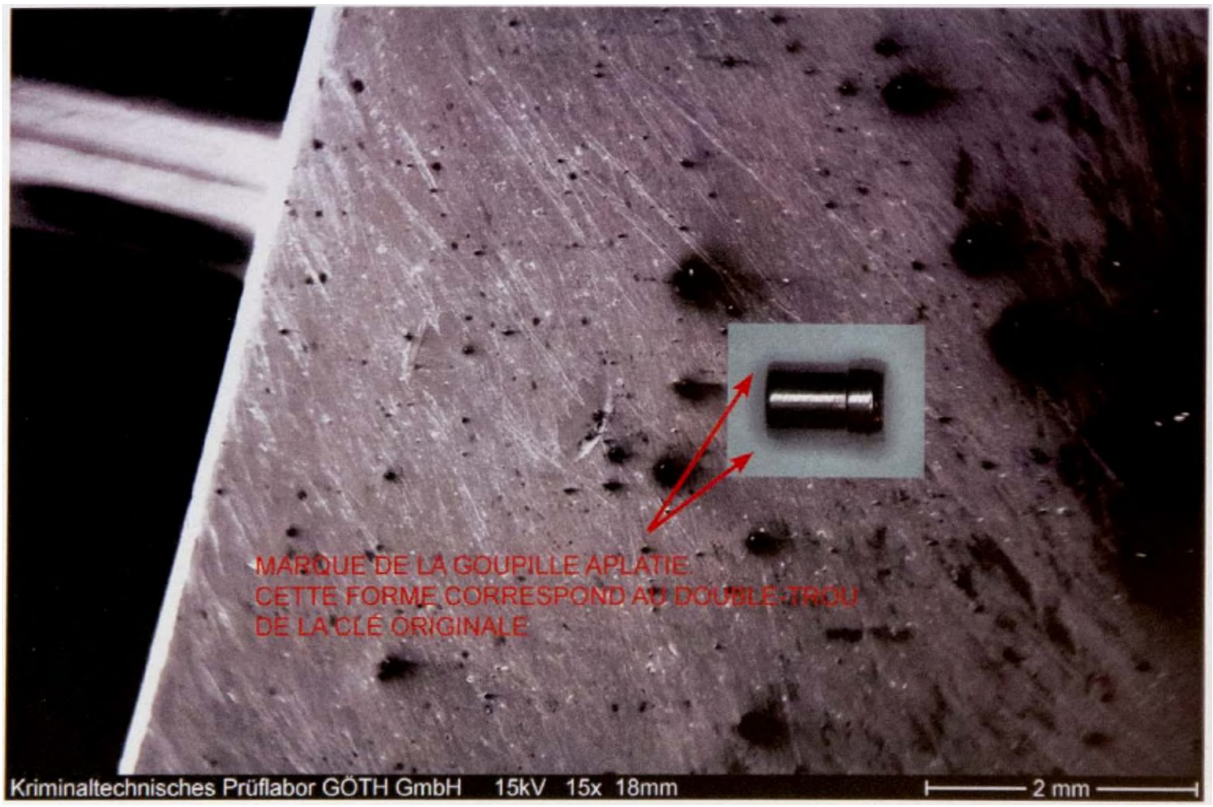


Très forte marque d'impression ! La goupille s'enfonce dans l'ébauche jusqu'à être à la ligne de césure. C'est ce qu'on appelle une « marque cratère ».

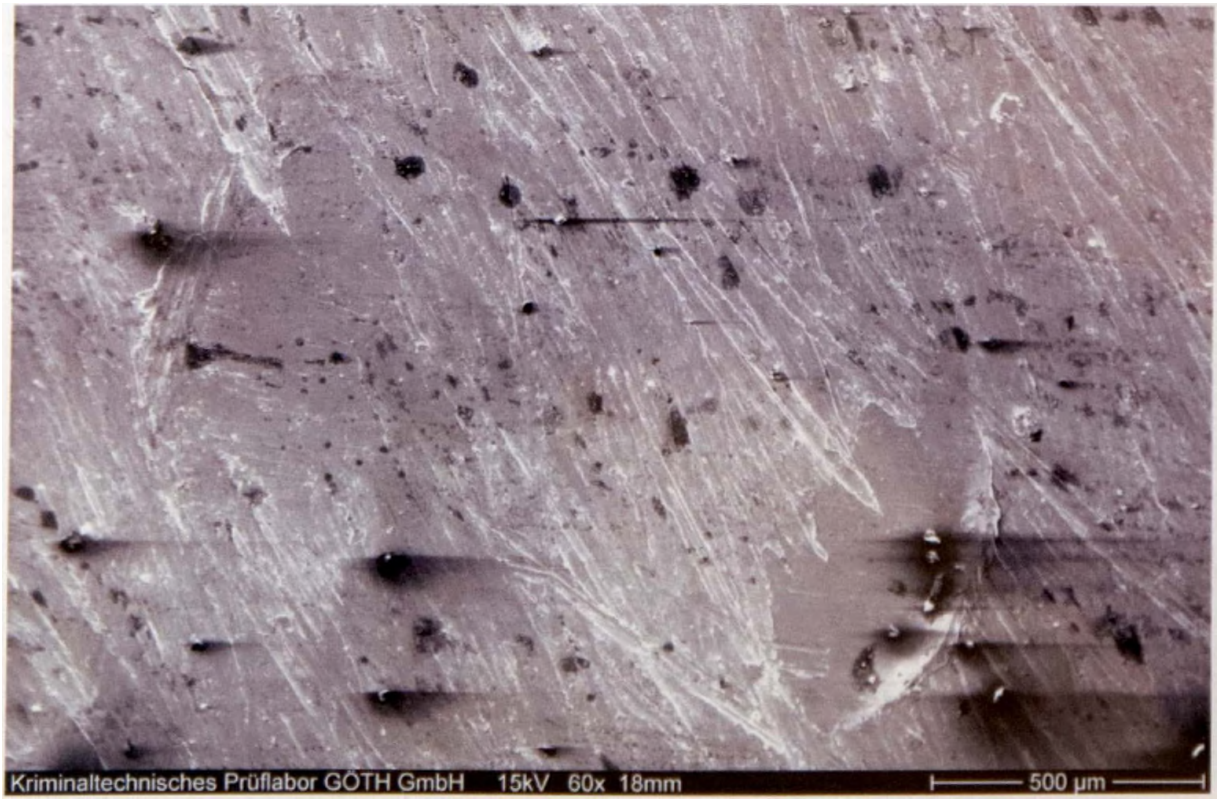


Vue détaillée de la « marque cratère ».

4.2. Serrure radiale à 15 goupilles

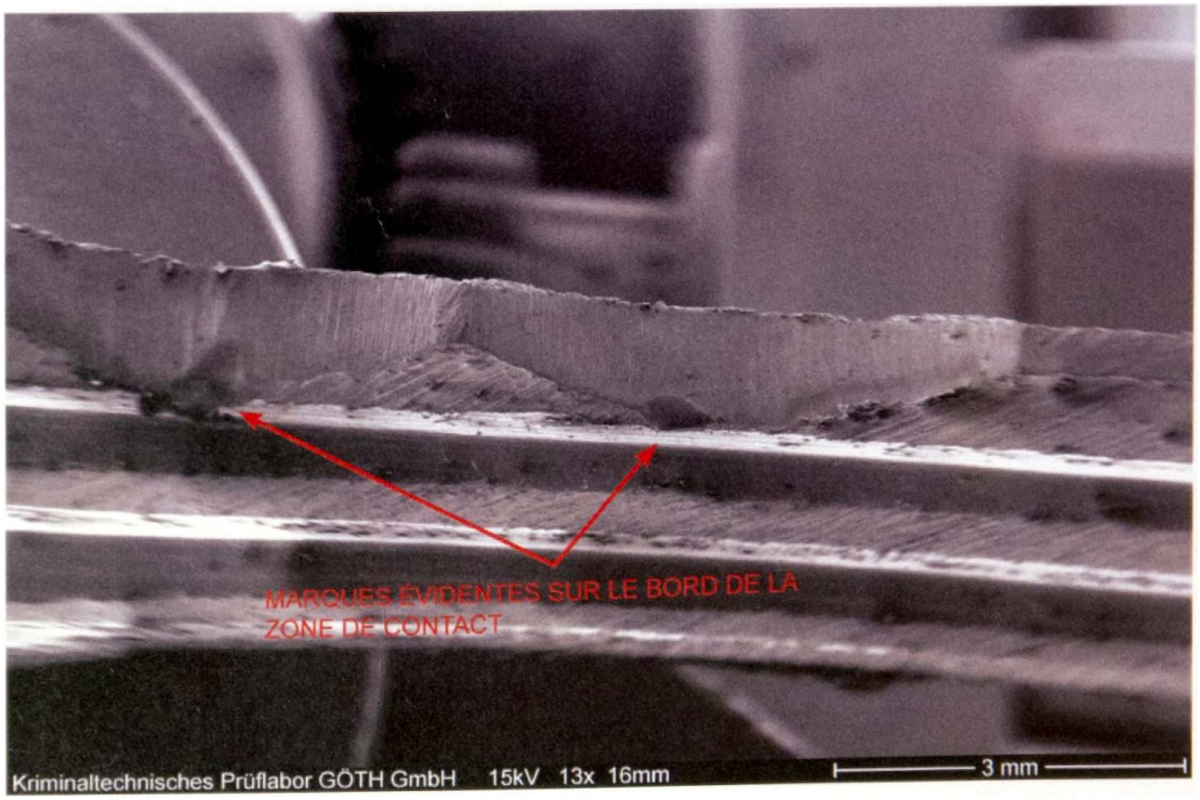


Marques d'impression correspondant aux goupilles aplaties spécifiques à cette marque de serrures.



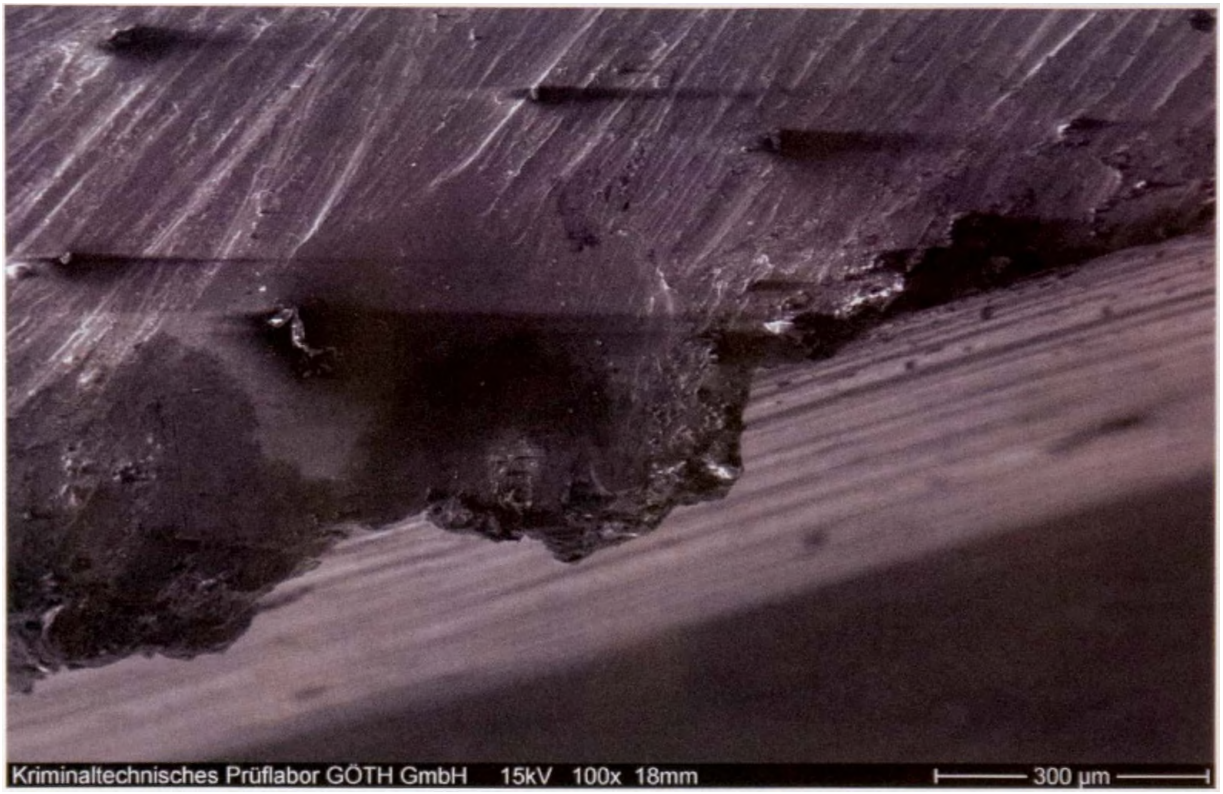
Vue détaillée de la marque d'impression de la goupille aplatie.

4.3. Serrure de voiture à 10 paillettes

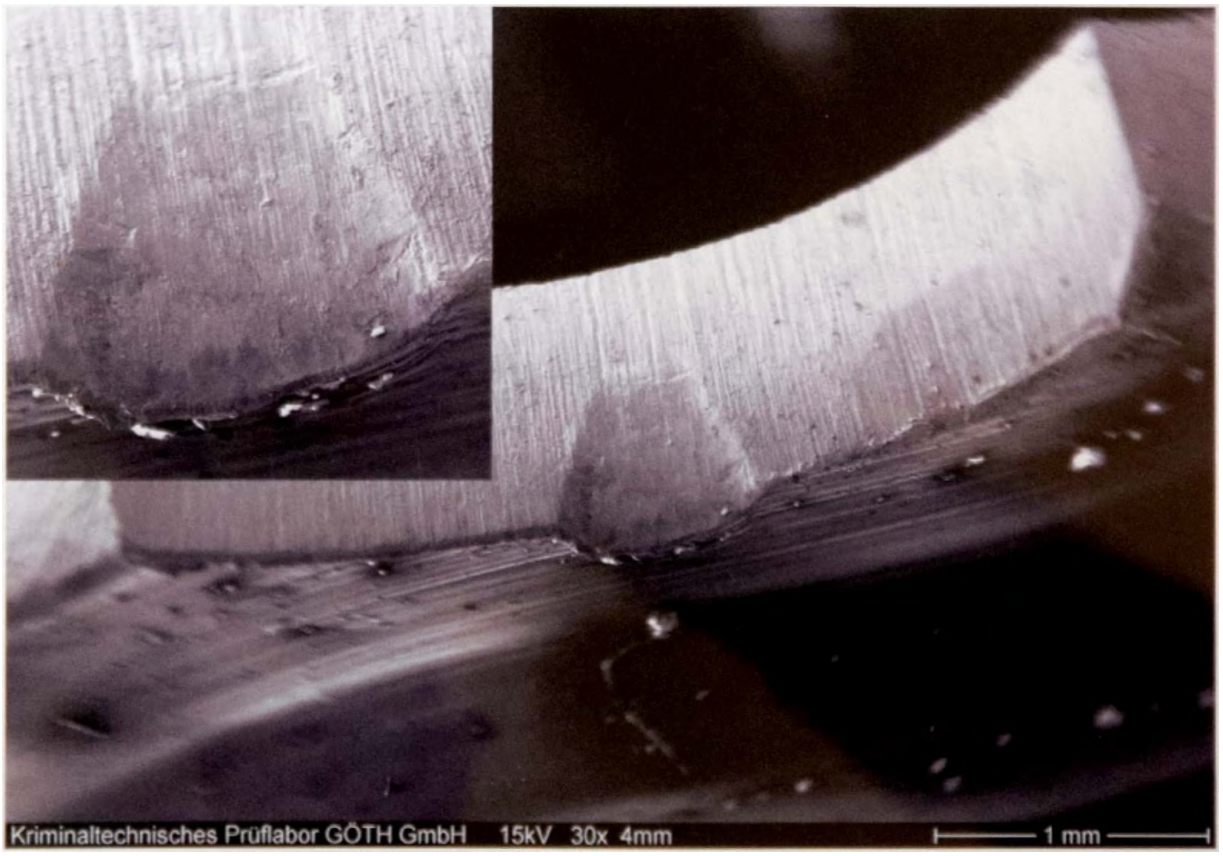


Marques d'impression sur le bord des positions limées.

Vue détaillée de la marque de droite de la photo plus haut.



Vue détaillée de l'importante déformation sur le bord de la zone de contact.



Marque d'impression importante due à une paillette.

4.4. Serrure de voiture « Laser Track » à 8 paillettes

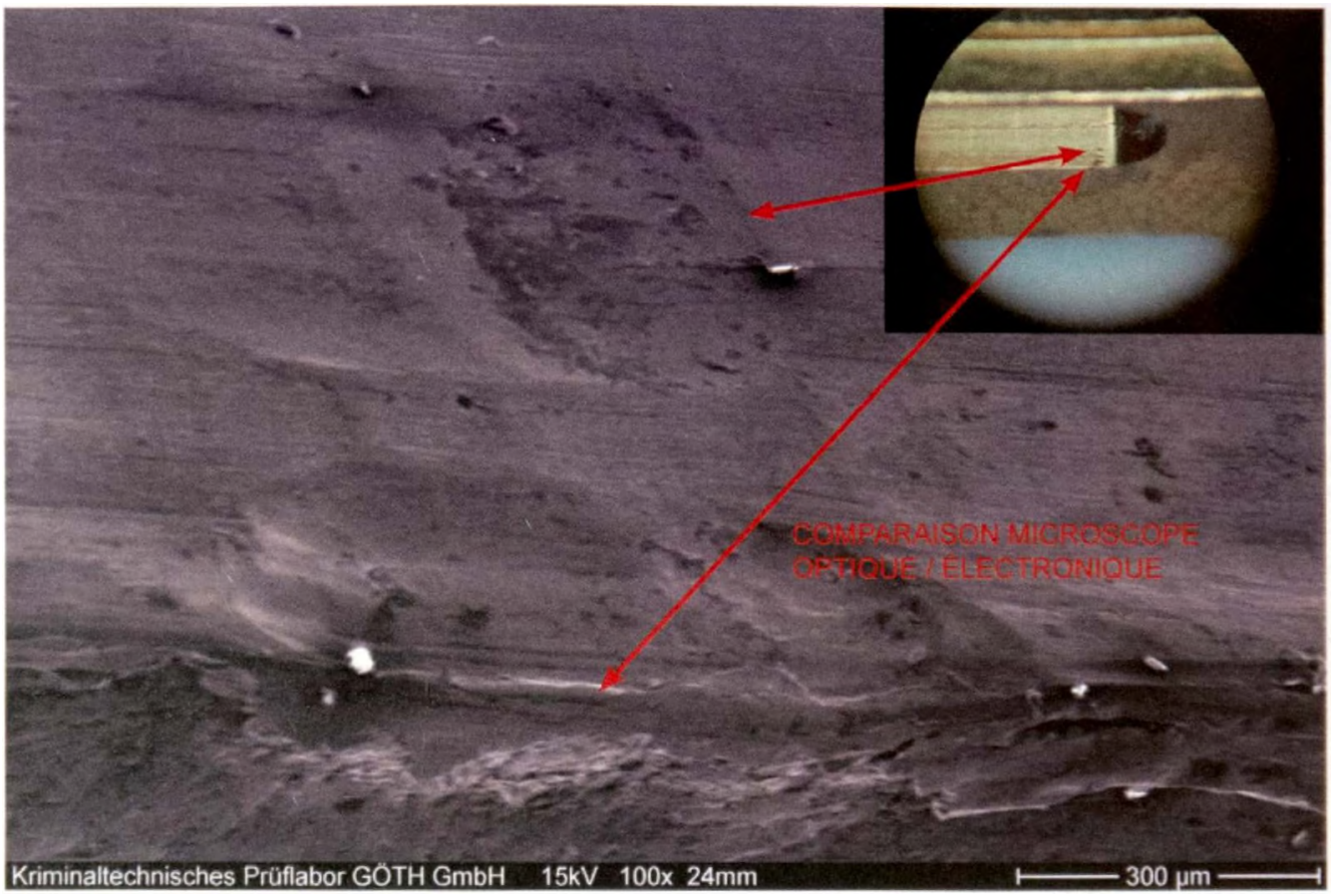
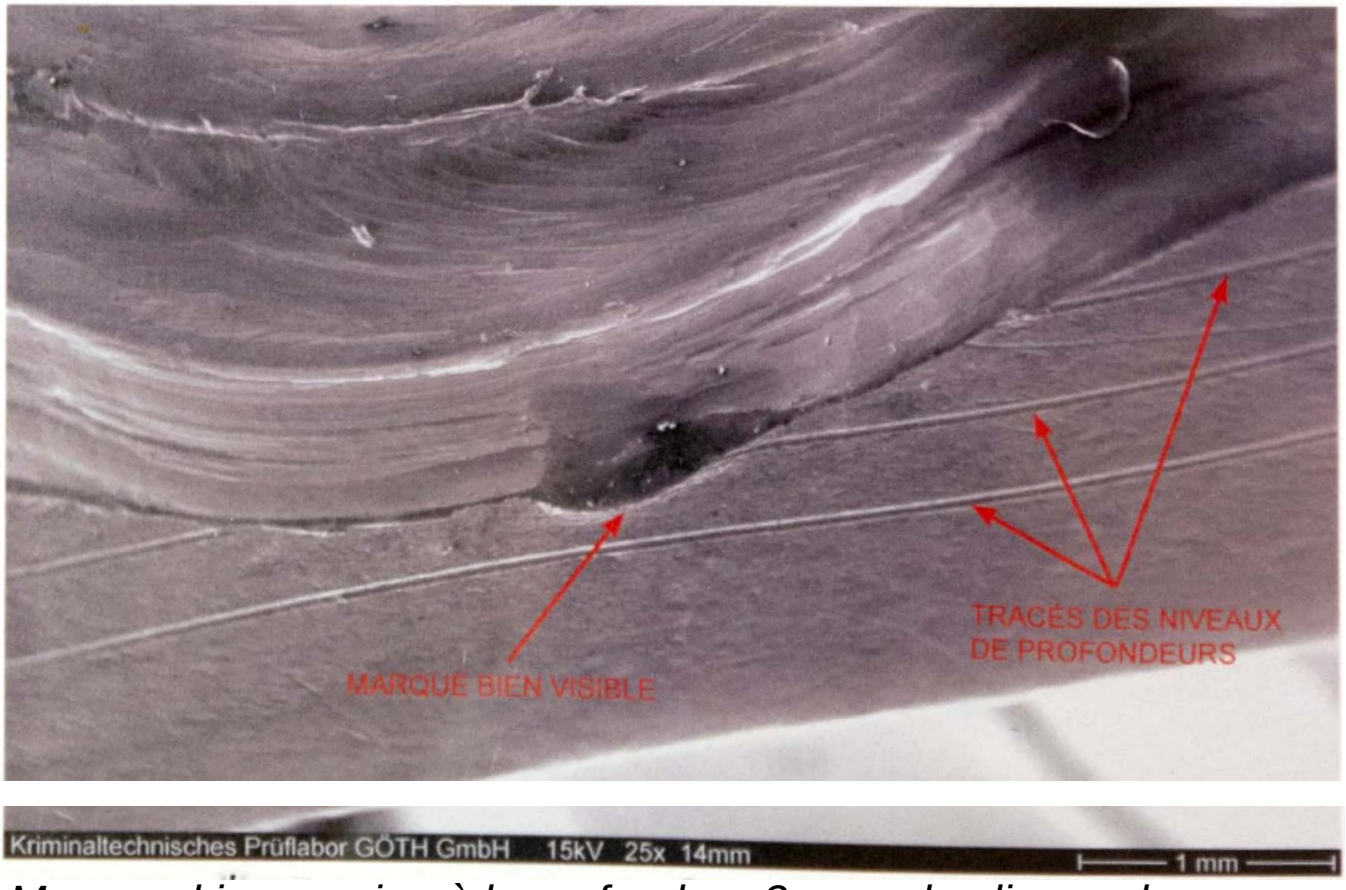
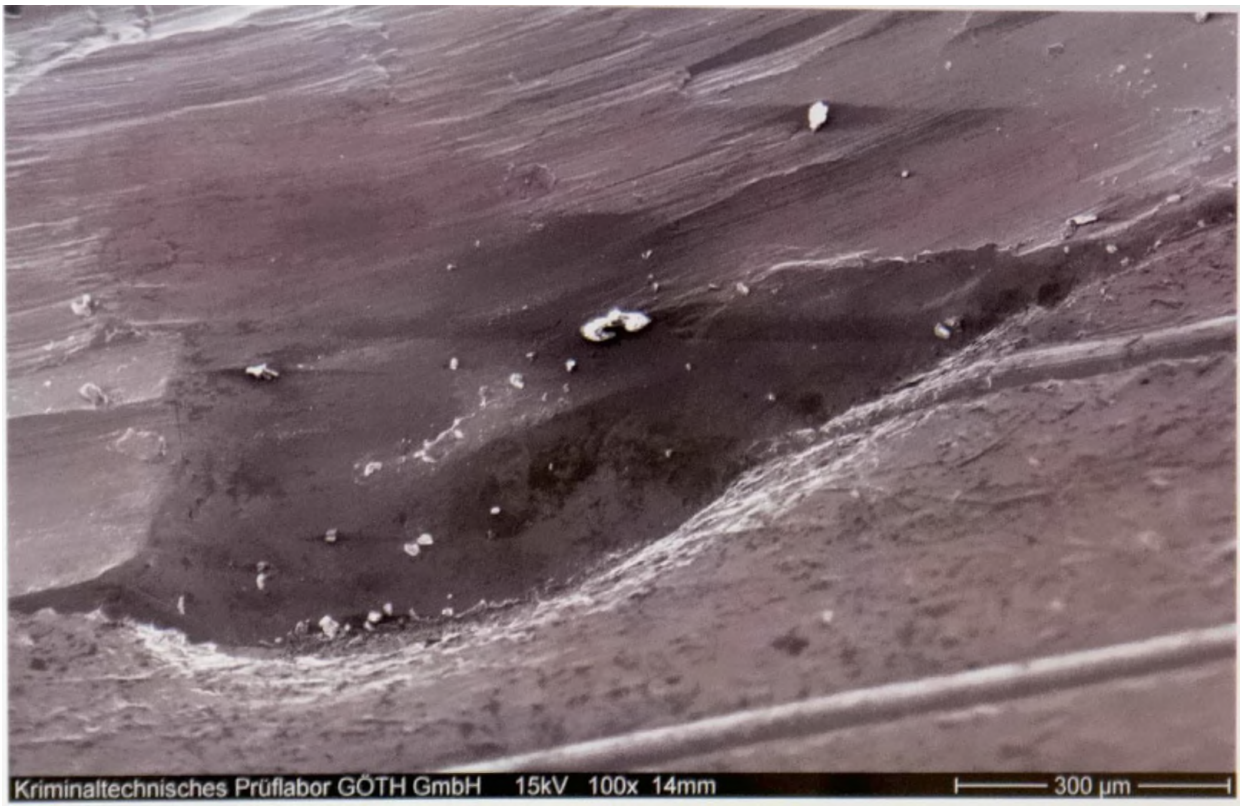


Image au microscope électronique à balayage et au microscope optique.



Marque d impression à la profondeur 3, avec les lignes de profondeur tracées avec le pied à coulisse.



Vue détaillée de la marque d'impression de la photo précédente.

Kriminaltechnisches PRÜFLABOR

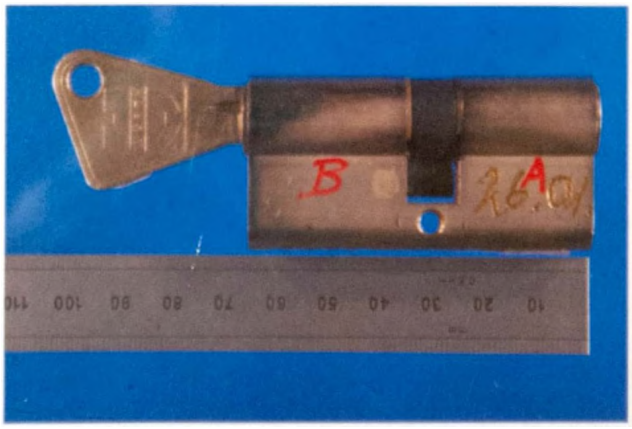
Sachverständigenbüro

GOTH

GmbH

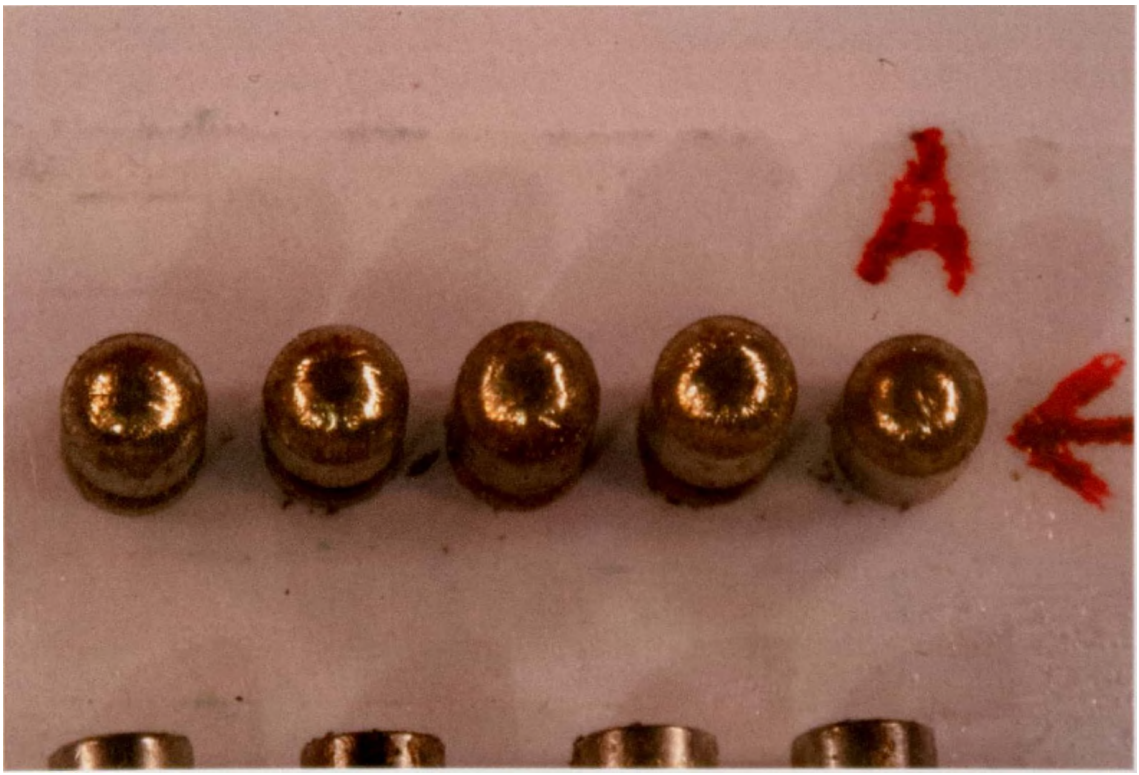
Analyse des caractéristiques de sécurité mécanique, des systèmes de verrouillage électroniques et des traces forensiques

Analyse forensique d'un cylindre européen ouvert par la technique d'impression.
La recherche de marques probantes d'ouverture d'un cylindre se justifie dans le domaine de la propriété privée si l'on soupçonne qu'une ouverture fine laissant de telles marques a eu lieu.
Il est nécessaire de déterminer si les marques visibles à l'intérieur du cylindre ont été laissées par la clé légitime ou par un autre outil. Il est juste d'affirmer que chaque outil utilisé pour tenter d'ouvrir un cylindre laissera des marques là où il touche les pièces internes du mécanisme. Ces marques peuvent permettre d'identifier le type d'outil utilisé.



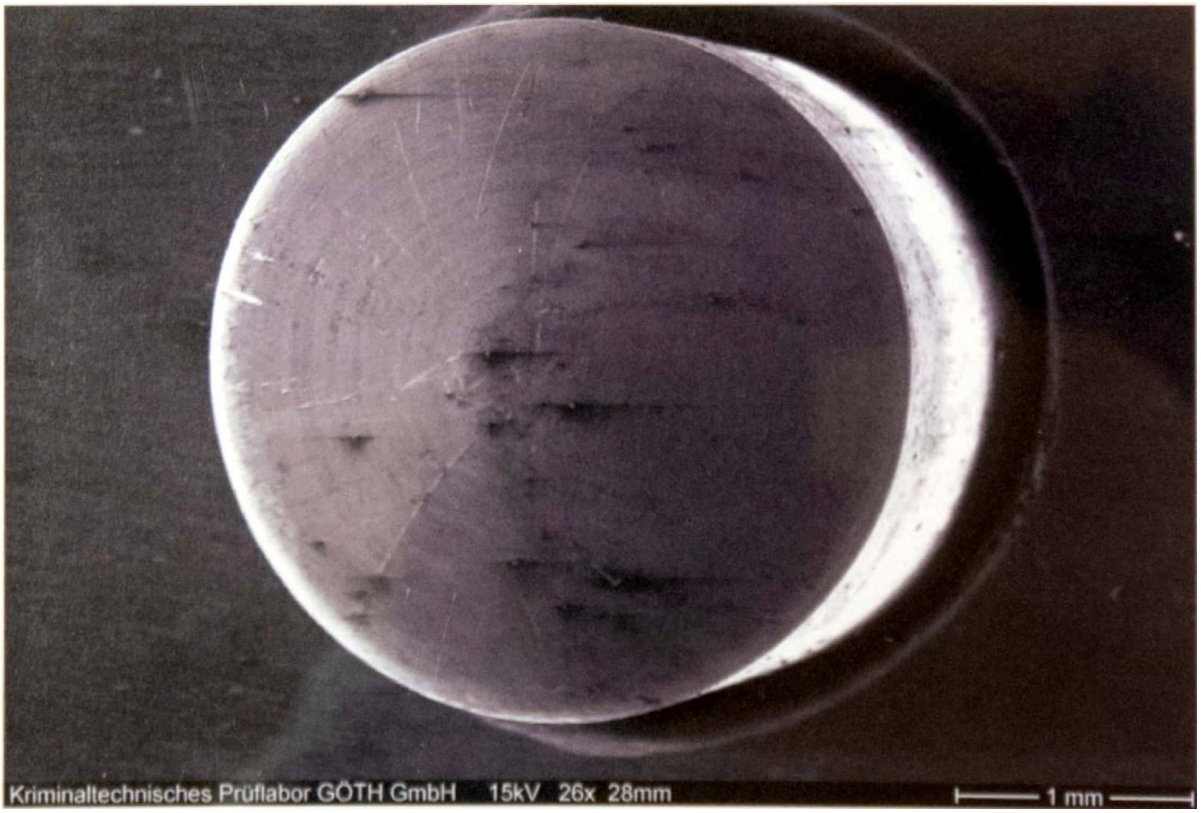
Un cylindre prêt à être analysé.

La description de la méthode d'impression a montré la préparation si particulière de l'ébauche utilisée pour ouvrir le cylindre. Le fait de limer la lame de la clé rend cette lame plus ou moins coupante.
Dès la première insertion de la clé dans le cylindre, les angles saillants au contact des têtes de goupilles ou des éléments internes au cylindre auront tendance à rayer ces goupilles ou éléments. Ces rayures varieront selon la matière de la clé (acier ou laiton principalement).
De même, ces rayures ou déformations seront différentes selon que les goupilles sont en laiton, en acier, ou encore recouvertes de nickel.



Les goupilles actives. Des rayures irrégulières sont visibles à la surface de ces goupilles.

Image microscopique de la tête de goupilles avec des traces d'impression.



Tête de goupille active d'un autre cylindre ouvert par la méthode d'impression

Cependant, indépendamment des marques causées par la méthode d'impression, on voit toujours des marques irrégulières mises en évidence par l'analyse microscopique. Ces marques sont causées par des clés légitimes.

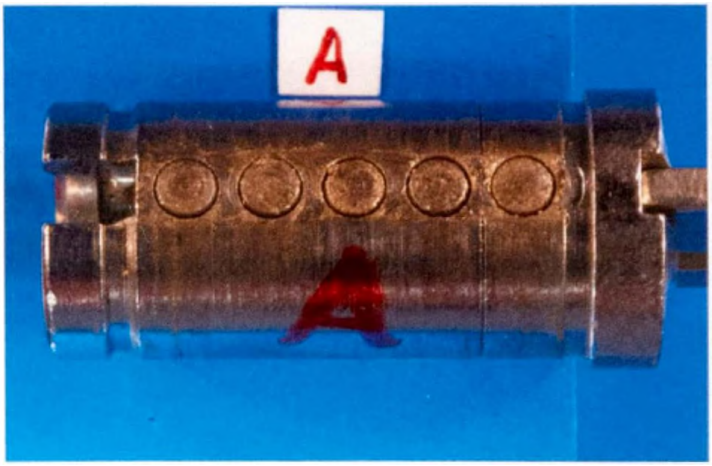
L'analyse forensique se doit de suivre méthodiquement une procédure d'analyse stricte, recherchant toutes les traces visibles dans le cylindre, sans se préoccuper de l'origine de ces marques.

Marques externes

Une analyse visuelle de l'extérieur du cylindre doit permettre de rechercher les traces éventuelles d'effraction ou de tentative d'effraction. Particulièrement sur les endroits accessibles et/ou dépassants lorsque le cylindre est installé sur sa porte. Il est important de déterminer si un outil a été utilisé dans le but de casser ou d'extraire le cylindre de la porte par la force (par exemple en utilisant un extracteur de cylindre ou un casse-cylindre).

Le cas échéant, une description détaillée de la forme, de la dimension et de la position de ces marques doit être établie. De plus, un avis doit être rendu sur la possibilité d'utiliser ces marques pour identifier l'outil en question.

Ensuite, des tests de fonctionnement doivent être faits avec une clé légitime. Si de telles marques extérieures étaient découvertes, il faut en déterminer le contexte en cherchant des marques internes (voyez les déformations et rayures sur les bords des logements de goupilles et des goupilles).



Le rotor démonté. Les goupilles actives sont alignées à la ligne de césure par la clé légitime.

Marques internes

Chaque élément constitutif du cylindre doit être analysé à la recherche des marques non cohérentes avec une utilisation normale. Ces différents éléments sont de manière non exhaustive : l'entrée du canal de clé, le canal de clé, les logements de goupilles dans le rotor et le stator, les goupilles actives et passives, les ressorts, l'embrayage du panneton et des éléments additionnels potentiellement présents dans le cylindre en question (goupilles de contrôle, barre de blocage latérale...)

Face avant du cylindre

Entrée de clé avec des rayures

Embrayage du panneton

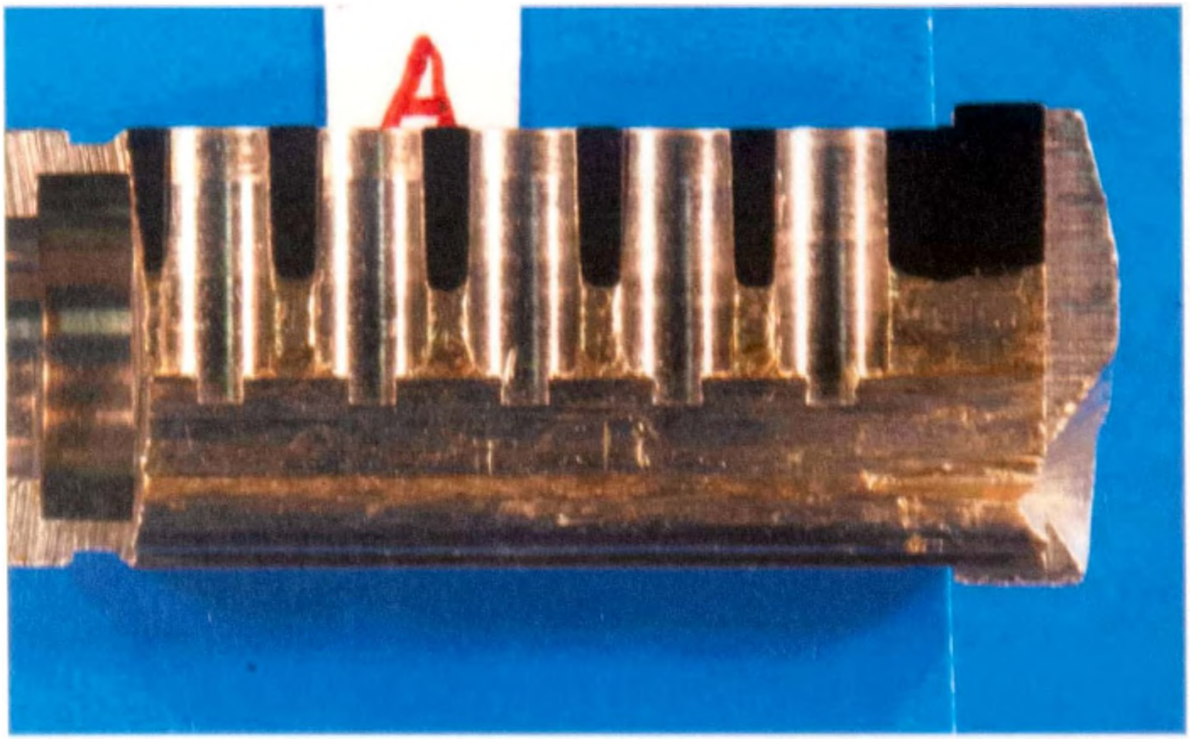
Les marques et rayures laissées par la clé légitime sont homogènes et linéaires car la clé est guidée par son canal. Les marques suspectes semblent aléatoires. Ces rayures aléatoires se distinguent nettement des traces « d'usage normal ».

L'utilisation d'outils d'ouverture fine laisse des traces typiques du type d'outil utilisé. Ainsi, notre banque de données regroupe et classe les marques laissées par des outils de crochetage manuel, crochetage au pistolet manuel ou électrique, clés à frapper, outils de décodage, ébauches d'impression, ainsi que des clés avec des angles saillants utilisées un faible nombre de fois. Notre banque de données regroupe également les traces spécifiques aux méthodes de fabrication des fabricants, qui peuvent être visibles même sans utilisation d'outils d'ouverture.

La présence de traces probantes est un indice de l'utilisation d'un outil autre que la clé légitime. Il est donc nécessaire d'analyser chaque élément participant au déverrouillage du cylindre, à la recherche d'autres traces probantes, cohérentes avec les premières.
La description de la forme, de la position et des caractéristiques de ces traces présente la base de réflexion pour donner un avis sur le succès de l'ouverture du cylindre à l'aide d'un outil autre que la clé légitime.
Les deux côtés du cylindre sont repérés afin de bien les distinguer. Avant le démontage complet, chaque pièce est repérée en fonction de son côté avec les lettres A et B, et C et D et ainsi de suite dans le cas de plusieurs cylindres à analyser.
Par ailleurs, avant de démonter le cylindre, il est important de regarder à l'intérieur du canal de clé pour y détecter la présence éventuelle de corps étrangers. Ces corps étrangers devront être récupérés soigneusement lors du démontage. Ils seront analysés également.

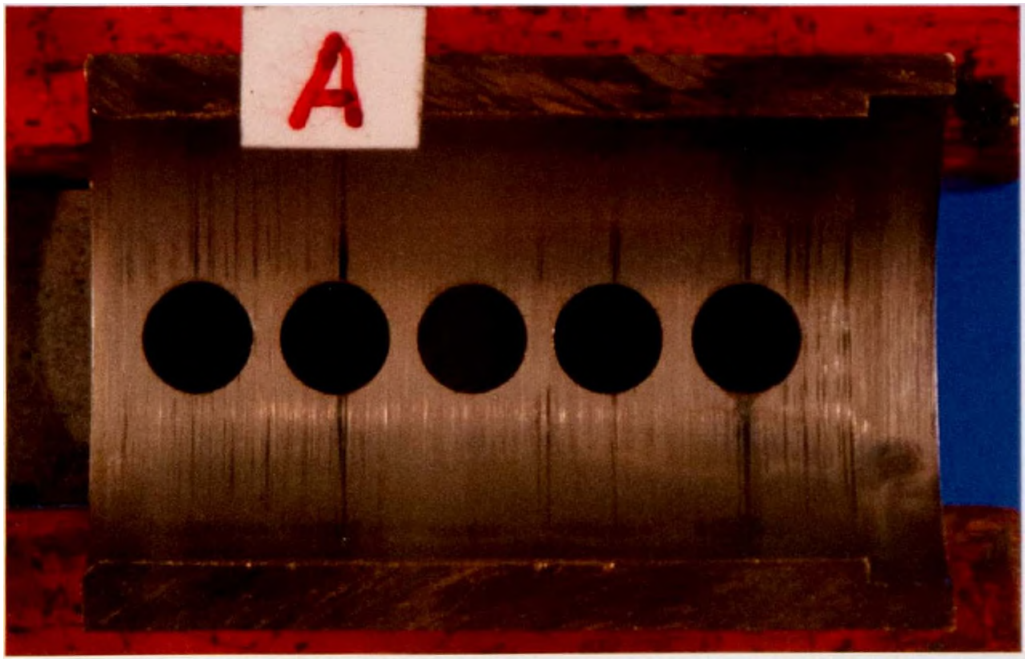
Il est ensuite nécessaire de démonter le cylindre afin d'en analyser les éléments internes.

Après démontage, il est nécessaire de découper le rotor et le stator à l'aide d'une lame de scie très fine. Ensuite, chaque élément est placé sur une feuille de carton à l'aide de ruban adhésif. C'est la préparation pour l'analyse qui va suivre.



Un côté du canal de clé

L'analyse forensique inclut l'analyse du canal de clé, et des logements de goupilles du rotor et du stator. En particulier à la ligne de césure rotor-stator.
Par la suite, l'embrayage du panneton et les différents éléments verrouillant seront analysés.



Les logements de goupilles du stator.

Détail : les bords des logmeents de goupilles sont considérablement déformés.

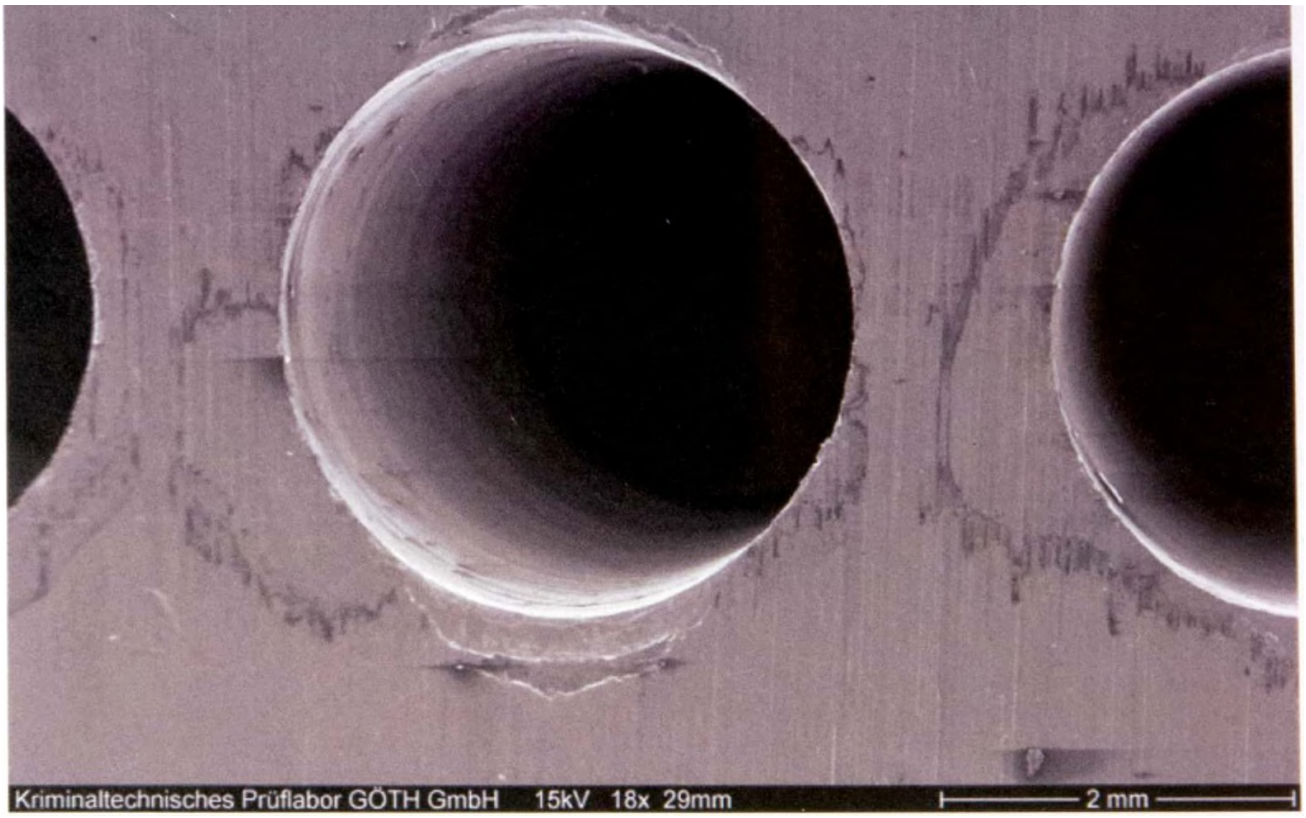
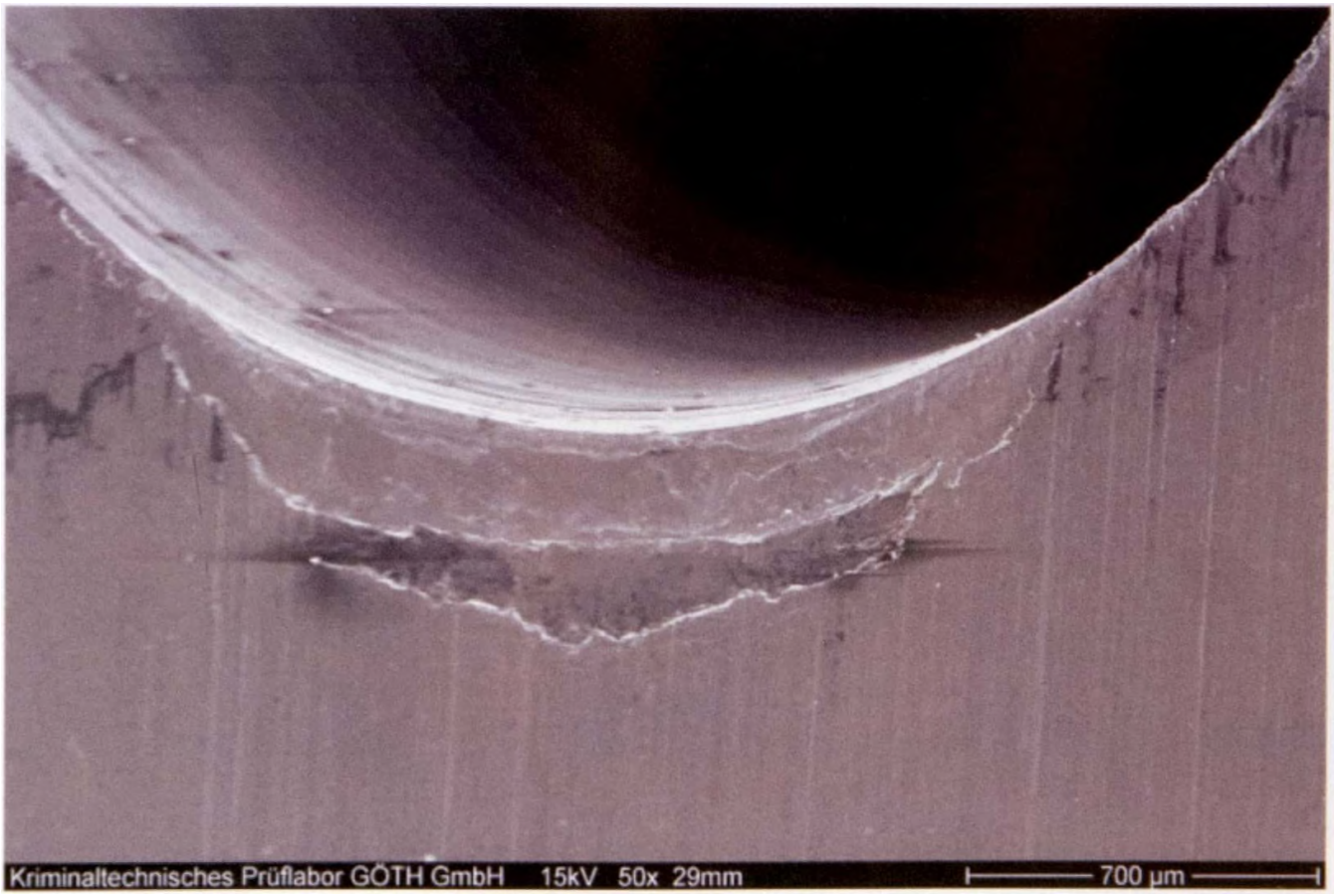


Image au microscope électronique à balayage des bords déformés.

L’analyse débute à l’aide d’un microscope binoculaire. Cela permet un agrandissement de l’ordre de 6 à 70x.
Le microscope devrait être équipé d’une lumière rasante, ainsi que d’une fibre optique coaxiale.
Cela permet d’analyser en premier lieu les têtes de goupilles, le corps des goupilles et leur base, ainsi que l’embrayage du panneton. Il est important de comparer les marques découvertes, avec des marques d’utilisation normale.

Si de telles marques, incohérentes avec un usage normal, apparaissent, il est nécessaire d’estimer quel type d’outil ou quelle technique est à l’origine de ces marques.
Les détails tels que la forme, la dimension, l’emplacement, la profondeur, doivent être enregistrés. L’absence de tels détails doit également être enregistrée. Ces informations sont importantes en cas de litige dans un tribunal car en cas de cambriolage supposé, le plaignant doit prouver qu’une intrusion a bien eu lieu.



Vue détaillée de la déformation arrondie du puits de goupille par l'utilisation de la technique d'impression.

Cela induit qu'en cas d'absence de telles marques d'effraction causées par des outils autres que la clé légitime, on peut conclure que le cylindre n'a PAS été ouvert par un autre moyen qu'une clé légitime. En conséquence, l'assurance peut se décharger de sa responsabilité.

En premier lieu, le cylindre, sa surface et l'entrée de clé sont photographiés. Si des marques sont visibles, elles doivent être photographiées en mode macro.

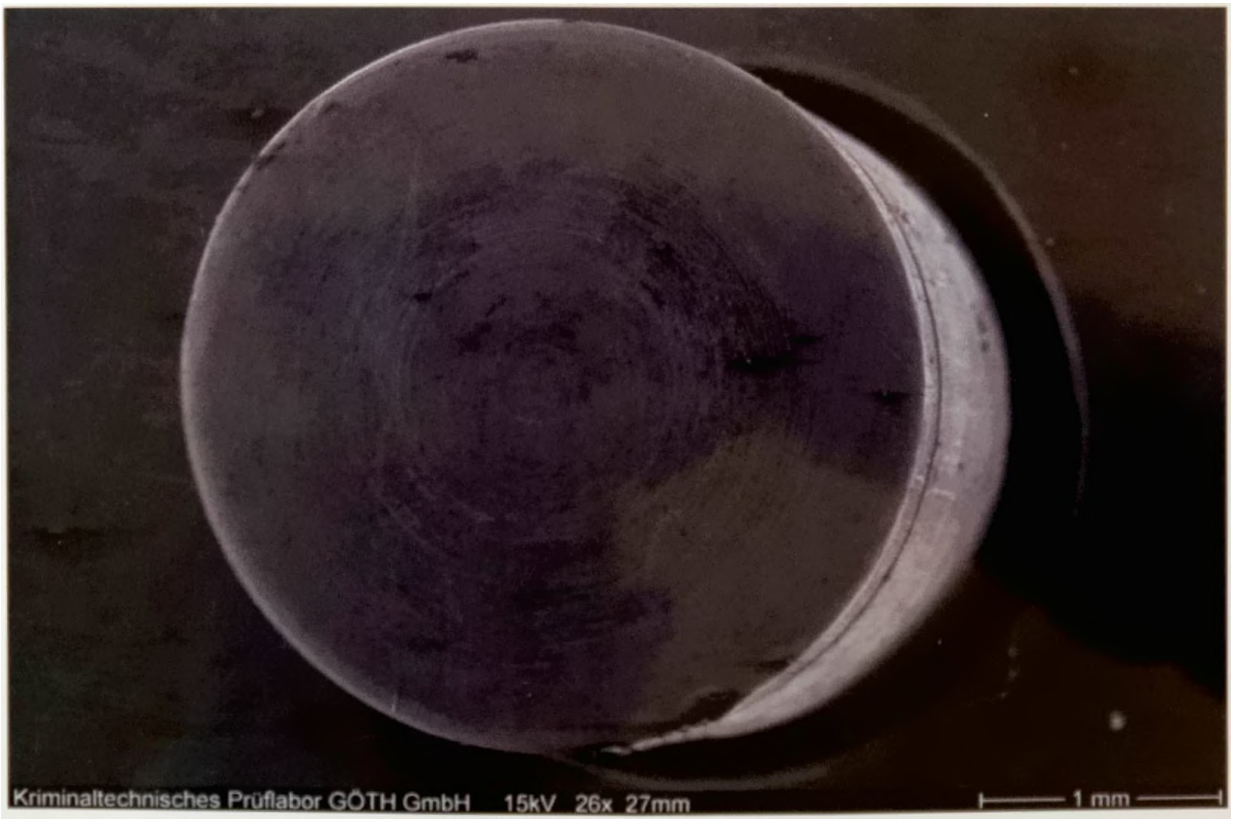
Chaque étape de l'analyse doit être accompagnée de son lot de photographies. L'appareil utilisé doit être de préférence de type reflex, et avec une résolution minimum de 8 mégapixels.

Après l'analyse à l'aide du microscope binoculaire, l'analyse est poursuivie à l'aide d'un microscope électronique à balayage.

Les goupilles sont placées dans un support adapté. Les têtes des goupilles du côté A sont analysées, puis celles du côté B. Lorsqu'une marque non cohérente avec l'utilisation normale de la clé légitime est repérée, une analyse approfondie est conduite, en augmentant notamment le grossissement jusqu'à 300x. Des images de chaque étape sont ainsi conservées pour analyse et preuves futures.

Ensuite, la base des goupilles est analysée au microscope à balayage. Les bords de la base sont analysés soigneusement à la recherche de déformations dues à l'utilisation d'une technique d'ouverture fine.

La base d'une goupille active ayant subi la technique d’impression.



La base d’une autre goupille active ayant subi la technique d'impression.

Une fois les traces probantes découvertes, elles sont comparées avec les traces de la base de données afin de déterminer le type d'outils ou les méthodes utilisés.

Par ailleurs, il est important de repérer et décrire les traces de manière à les identifier même si elles sont superposées avec des traces d'utilisation normale de la clé légitime. Cela peut arriver si l'analyse a lieu alors que les utilisateurs légitimes ont utilisé leur clé dans le cylindre après que l'ouverture frauduleuse ait été faite ou tentée.

Au-delà des goupilles, l'analyse au microscope électronique à balayage doit se pencher également sur les autres éléments ayant potentiellement été en contact avec les outils d'ouverture. Il s'agit des puits de goupilles, le canal de clé, l'embrayage du panneton...

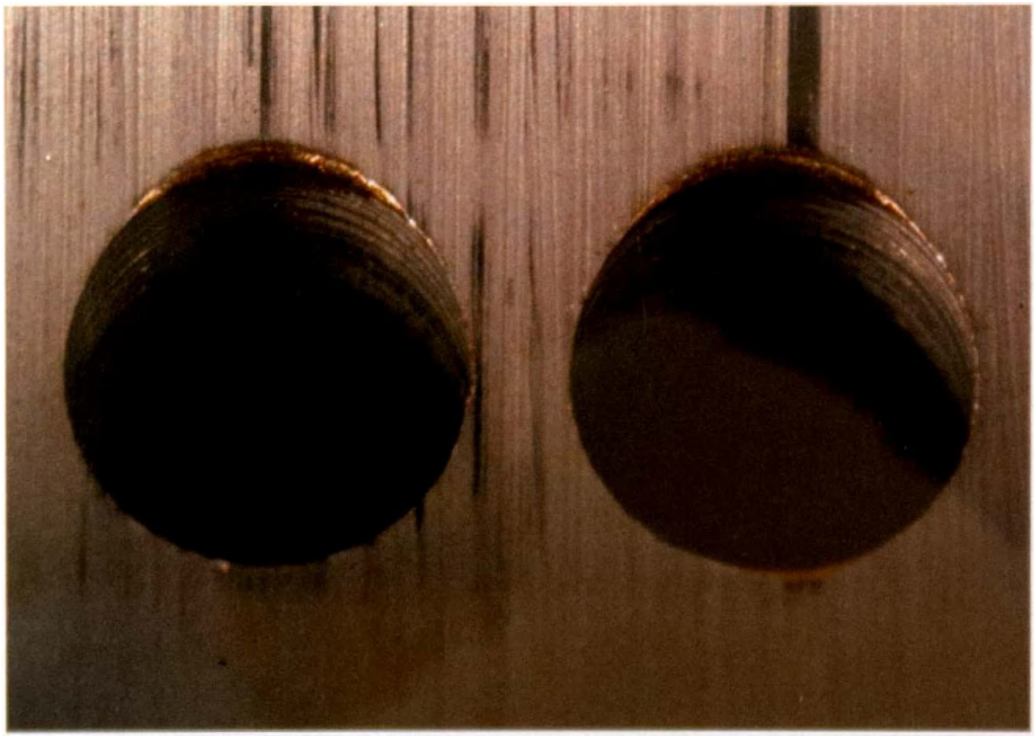
Cette analyse complémentaire est importante car les outils d'ouverture peuvent rentrer en contact avec un grand nombre d'éléments présents dans le cylindre.

En particulier, les puits de goupilles du rotor et du stator à l'emplacement de la ligne de césure rotor-stator doivent être observés pour déterminer s'ils ont subi des déformations qui ne seraient pas causées par l'utilisation normale des clés légitimes. En parallèle, les clés légitimes en circulation doivent être étudiées pour déterminer si elles amènent parfaitement les goupilles à la césure.

Une attention particulière doit être portée aux bords des puits de goupilles dans le cas d'utilisation de clés dupliquées, qui auront tendance à ne pas aligner parfaitement toutes les goupilles à la césure.

Il est primordial que toutes les clés en circulation utilisées pour ouvrir légitimement le cylindre soit présentes lors de l'analyse forensique.

La technique d'impression fait réagir différemment les goupilles dans leurs logements à l'encontre des goupilles passives et des ressorts selon que le couple de goupilles active-passive est à la césure ou non. La technique d'impression en particulier a tendance à déformer les bords des puits de goupilles au niveau de la césure rotor-stator lorsque le couple active-passive est presque à la césure.



Vue détaillée, les bords du puits sont clairement arrondis.

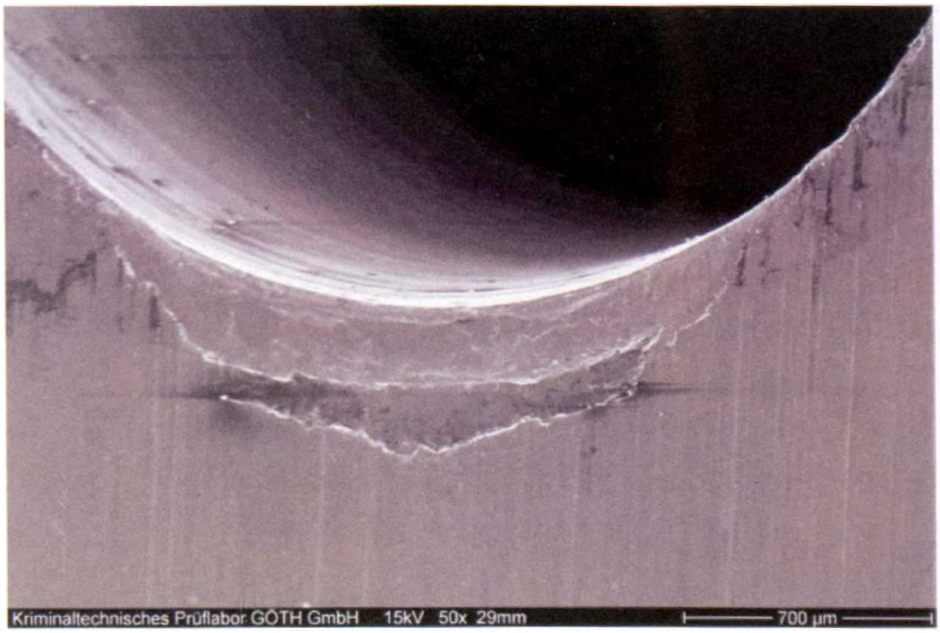


Image détaillée de la déformation causée par l'utilisation de la technique d'impression.

L’impression ne provoque pas toujours ces déformations à l’identique. Ces marques apparaissent lorsque l’impression est réalisée à tâtons, et que la goupille active arrive presque à la césure. Ces déformations sont plus faibles si les profondeurs sont taillées étape par étape en suivant les directives du fabricant.

La déformation se situe sur les bords des puits de goupilles du stator principalement, mais également à la base de la goupille active. Ces déformations doivent être analysées selon une procédure stricte. Il faut comparer ces déformations à l’usure normale des goupilles et des puits de goupilles. Par ailleurs, si des traces sont visibles mais ne correspondent pas aux images de la base de données des traces causées par l'usinage ou des outils d’ouverture courants, il faut s’interroger sur la véracité de ces traces. Cela peut être de fausses traces, pour faire croire à une tentative d’effraction.

Les principes de l’analyse forensique s'applique alors. Ces principes précisent que chaque action entraine une modification de l’état de surface des différents éléments. Ces actions sont notamment l’utilisation journalière, la fabrication, l’assemblage, la réparation...

Pour cette raison, l’origine d'une marque doit être identifiée.

Il faut donc vérifier si la trace peut être associée à une action bien précise. Pour cela, la trace doit être claire, nette et non équivoque. Ces éléments sont nécessaires pour prétendre créer une preuve devant la cour.

Chaque marque doit être photographiée.

Les différentes étapes de l'analyse forensique doivent être inscrites dans un rapport d'analyse, reprenant les photos, observations et conclusions d'analyse.
Une fois l'analyse terminée, le matériel analysé ainsi que le rapport d'analyse sont transmis à un second expert indépendant.
Le second expert contrôle l'exactitude des observations présentes dans le rapport et les complètes par ses propres observations.
Si certains points sont litigieux, les deux analystes doivent revoir ces différents points ensemble jusqu'à trouver un consensus et un résultat utilisable.
Le rapport d'expertise est ensuite rédigé d'après le rapport d'analyse.
Ce rapport d'expertise reprend tous les éléments du dossier d'analyse, l'ordre d'enquête, la description du matériel analysé (cylindre et clé), les observations sur l'analyse, la documentation photographique et microscopique. Une évaluation des traces et un résumé y sont également incorporés.
Ce résumé doit répondre aux interrogations de l'ordre d'enquête, formulé clairement et de manière compréhensible.
Le dossier photographique est joint afin de rendre le rapport compréhensible. Il est préférable d'éviter d'inclure directement les photos dans le rapport car la qualité d'impression est généralement trop faible pour permettre une lisibilité suffisante à la compréhension des observations.
Le rapport d'expertise doit être transmis par l'expert et être pourvu du sceau officiel de la chambre de nomination ou de l'autorité de certification.
Le matériel analysé fait partie intégrante du rapport d'expertise.

Chaque pièce est scellée séparément et protégée afin d'éviter les risques d'échanges.

En résumé :

Du point de vue de l'analyse forensique, la technique d'impression laisse des traces dans le cylindre au niveau de la tête des goupilles, le corps des goupilles, la base des goupilles et les bords de puits du stator.
Il y a très peu de traces le long du canal de clé, en tout cas pas lorsque l'impression est conduite à la main. L'embrayage subit quant à lui une très légère déformation.
Ceci dit, les déformations décrites plus haut sont significatives de la technique d'impression.
La preuve irréfutable de l'ouverture effective d'un cylindre par la méthode d'impression est la présence d'une trace à 360° sur le pourtour interne du stator, causée par une goupille active frottant à cet emplacement lors de l'ouverture.
Cette trace circulaire se distingue d'une trace qui serait laissée par une clé mal copiée. Une clé faite par impression laisse une trace très profonde qui ne s'efface pas même après l'utilisation d'une clé légitime bien taillée.

Manfred GÖTH (www.goeth.com)

Mes remerciements pour leur soutien à la finalisation de ce livre :

Le laboratoire d'analyse forensique Göth
www.goeth.com

Dr. Manfred Boelker

Lars Jelonnek

Thorsten Nagler

Michael Fincher

Alexandre Triffault

6. Annexes : Données techniques

Serrures Européennes

MARQUES, Mesures (mm)	Prof. * 1	Prof. 2	Prof. 3	Prof. 4	Prof. 5	Prof. 6	Prof. 7	Prof. 8	Prof. 9	Prof. 10	Prof. 11	Prof. 12	Prof. 13	Prof. 14	Prof. 15	Prof. 16	Prof. 17	Prof. 18	Prof. 19	Prof. 20	Distance butée/ 1° goupille	Distance inter/ goupilles	Angle de coupe	MAC*
ABUS	7,65	7,20	6,80	6,35	5,90	5,50	5,00	4,60	4,20												4,42	4,00	112	5
ABUS anci-en NOVA	7,65	7,00	6,35	6,70	5,00	4 40															4,50	4,00	110	3
BAB	7,90	7,50	7,10	6,70	6,30	5,90	5,50	5,10	4,70	4,30											3,75	3,75	110	5
BASI	8,15	7,70	7,25	6,80	6,35	5,90	5,45	5,00	4,55	5,70	5,40	5,10	4,80	4,50	4,20						4,10	4,00	100	11
BKS	8,10	7,65	7,15	6,70	6,20	5,70	5,20	4,75	4,25	3,80											5,08	4,19	92	7
CES ancien	8,15	7,75	7 35	6,95	6,55	6,15	5,75	5,35	4,95	4,55											6,90	4,00	106	6
CES nou-veau	8,35	7,85	7,35	6 85	6,35	5,85	5,35	4,85	4,35	3,85											4,50	3,50	90	
DOM	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00	5,50	5,00	4,50	4,00	3,50											4,60	4,10	104	5
EVVA	8,40	7,90	7,40	6,90	6,40	5,90	5,40	4,90	4,40	3,90											5,30	4,00	110	4
FAC	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00	5,50	5,00	4,50	4,00												5,50	4,50	96	7
GEGE	8,40	7,90	7,40	6,90	6,40	5,90	5,40	4,90	4,40	3,90											5,30	4,00	110	4
ISEO	7,90	7,50	7,10	6,70	6,30	5,90	5,50	5,10	4,70												4,20	4,00	105	6
LIPS	8,65	8,15	7,65	7,15	6,65	6,15	5,65	5,15													4,90	4,00	95	6
Pfaffehham	8,35	7,85	7,35	6,85	6,35	5,85	5,35	4,85	4,35	3,85											5,00	4,10	90	7
TOK-WINK-HAUS	7,95	7,45	6,95	645	5,95	5,45	4,95	4,45	3,95												4,20	4,20	90	7
TRELOCK	8,50	8,00	740	6,90	6,40	6,00	5,40	4,90	4,40												4,20	4,20	90	7
TRELOCK	7,95	7 45	6,95	6,45	5,95	5,45	4,95	4,45	3,95												4,20	4,20	90	7
VACHETTE	7,70	7,30	6,80	6,40	5,90	5,50	5,00	4,60													4,90	4,00	120	4
VIRO	8,30	7,90	7,50	7,10	6,70	6,30	5,90	5,50													3,90	3,00	100	5
WILKA	7,80	7,40	7,00	6,60	6,20	5,80	5,40	5,00	4,60												4,40	3,63	100	6
YALE	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00	5,50	5,00	4,50	4,00	3,50											5,10	4,20	110	4
ZEISS-IKON	8,20	8,00	7,80	7,55	7 35	7,15	6,90	6,70	6,50	6,30	6,10	5,85	5,60	5,40	5,20	5,00	4,75	4,55	4,35	4,10	5,20	4,00	110	11

KESO 2000, 2000S, OMEGA	Prof. 1	Prof. 2	Prof. 3	Prof. 4
Epaisseur de l'ébauche 2,5	0	0,50	1,00	1,50
Largeur de l'ébauche : 7,6	0	0,50	1,00	-

VAG de 1998, en « laser key »	Prof. 1	Prof. 2	Prof. 3	Prof. 4
Distances du bord de lébauche à la profondeur de coupe	3,80	3,20	2,60	2,00

* Prof. : Profondeur de coupe

* MAC Maximum Adjacent Cut : correspond au nombre maximum de différence de profondeurs qu'il peut y avoir entre 2 emplacements consécutifs.

Attention : Les données de ce tableau peuvent légèrement différer des mesures officielles du fabricant, elles ont été adaptées à la procédure d'impression.

BRAND	Depth	Limit stop plug/																					
all values in mch	1	2	Depth 3	Depth 4	Depth 5	Depth 6	Depth 7	Depth 8	Depth 9	Depth 10	Depth 11	Depth 12	Depth 13	Depth 14	Depth 15	Depth 16	Depth 17	Depth 18	Depth 19	Depth 20	center line 1st pin	Pin dis-tance	MAC*
ARROW	0,312	0 298	0284	0,27	0,256	0,242	0,228	0,214	0,2	0,186	-	-	-	-	-		-	-	-	-	0,265	0,155	7
CORBIN	0 343	0 329	0,315	0,301	0287	0,273	0,259	0,245	0,231	0,217	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Z - Bow 0,250 X - Bow 0,197	0,156	8
DEXTER	0,32	0 305	0,29	0,275	0,26	0,245	0,23	0,215	0,2	0,185	-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,216	0,155	7
EMHART	0 305	0,277	0249	0,221	0,193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,156	3 or 4
FALCON	0,315	0,297	0,279	0,261	0,243	0 225	0,207	0 189	0,171	0,153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,237	0,156	7
ILCO	0,32	0,302	0,284	0,266	0,248	0,23	0,212	0 194	0,176	0 158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,277	0,156	7
KWIKSET	0,329	0 306	0,283	0,26	0,237	0,214	0,191	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,247	0,15	4
																					TITAN 0,097		
LOCK-WOOD	0,32	0 305	0,29	0,275	0,26	0 245	0,23	0,215	0,2	0,185	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,277	0,156	7
MEDECO	0,266	0,236	0,206	0,176	0,146	0,116	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0244	0,17	4
MEDECO	0 264	0,239	0,214	0,189	0,164	0,139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FORE 0,213	A-F 0,108	A-F 2
BIAXIAL																					AFT 0,275	F-F 0,170	F-F 3
																						A-A0,170	A-A3
																						F-A 0,232	F-A 4
MEDECO	0,1385	0,126	0,1135	0,101	0 0885	0,076	0,0635	0,051	0,0385	0,026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,195	0,15	9
KEYMARK																							
RUSSWIN	0,341	0,326	0,311	0,296	0,281	0,266	0,251	0,236	0,221	0,206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,156	7
SARGENT	0,328	0,308	0,288	0,268	0,248	0,228	0,208	0,188	0,168	0,148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,216	0,156	7
SCHLAGE	0,335	0,32	0,305	0,29	0,275	0,26	' 0,245	0,23	0,215	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,231	0,156	7
SEGAL	0,315	0,295	0,275	6,255	0,235	0,215	0,195	-	-	i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,262	0,156	5
SYSTEM 70	0,339	0,311	0283	0,255	* 0,227	0 199	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,156	4
WEISER	0,315	0,297	0279	0,261	0,243	0,225	0,207	0,189	0,171	0,153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,237	0,156	7
WESLOCK	0,33	0,314	0299	0,283	0,268	0,252	0,236	0,221	0,205	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,156	7
YALE	0,32	0,301	0,282	0,263	0,244	0,225	0,206	0,187	0,168	0,149	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,206	0,165	7